

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών του Τμήματος**  
**Γεωπονίας Φυτικής και Αγροτικού Περιβάλλοντος**

**Γιώτα Χρύσα : Αύξηση, ανάπτυξη των καλλιεργειών ηλίανθου και αραβοσίτου σε σύστημα αμειψισποράς με τρεις μεταχειρίσεις ψυχανθούς και τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης.**



**ΒΟΛΟΣ, 2013**

**Αύξηση, ανάπτυξη των καλλιεργειών ηλίανθου και αραβοσίτου σε σύστημα αμειψισποράς με τρεις μεταχειρίσεις ψυχανθούς και τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης.**

**Τριμελής Επιτροπή :**

**Καθηγητής Ν. Δαναλάτος Π.Θ. (Επιβλέπων)**

**Καθηγητής Χα Ιμπραχίμ Αβραάμ Π.Θ.**

**Αναπληρωτής Καθηγητής Σφουγγάρης Αθανάσιος Π.Θ.**

**Βόλος, 2013**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα πειράματα διεξήχθησαν σε δύο περιοχές, σε κάθε περιοχή εγκαταστάθηκαν δύο όμοιοι πειραματικοί αγροί συνολικής έκτασης ενός στρέμματος. Ο πρώτος πειραματικός αγρός βρίσκεται στην περιοχή των Τρικάλων, και χαρακτηρίζεται από έδαφος Entisols ενώ ο δεύτερος βρίσκεται στην περιοχή της Λάρισας και χαρακτηρίζεται από έδαφος Vertisols.

Ο κάθε πειραματικός αγρός αφορούσε στην εγκατάσταση δύο πειραματικών επιφανειών. Το πειραματικό σχέδιο ήταν τυχαιοποιημένες ομάδες τεμαχίων, με κύρια τεμάχια και υποτεμάχια σε τρεις επαναλήψεις. Κύρια τεμάχια αποτελούσαν τα 4 διαφορετικά επίπεδα λίπανσης και υποτεμάχια οι 3 διαφορετικές μεταχειρίσεις της καλλιέργειας του ψυχανθούς. Το πρώτο πείραμα αφορά στην αμειψισπορά μπιζελιού με ηλίανθο και το δεύτερο, στην αμειψισπορά μπιζελιού με αραβόσιτο και για τους δύο πειραματικούς αγρούς-τοποθεσίες.

Τα αποτελέσματα έδειξαν για τον ηλίανθο ότι στην περιοχή των Τρικάλων μπορεί να επιτευχθούν σημαντικές αποδόσεις σε σπόρο και συνολική βιομάζα με μόνο μικρές εφαρμογές αζωτούχου λιπάσματος (10 μονάδες αζώτου ικανοποιητικές για δυναμικό παραγωγής) εφόσον υιοθετηθεί η καλλιεργητική πρακτική της αμειψισποράς. Ενώ στην περιοχή της Λάρισας, η αμειψισπορά δίνει σαφή πλεονεκτήματα όσον αφορά στον οργανικό άνθρακα και στις ενζυματικές δραστηριότητες.

Όσον αφορά τον αραβόσιτο τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το αργιλώδες έδαφος της Λάρισας έδωσε καλύτερες παραγωγές από εκείνες των Τρικάλων στην καλλιέργεια υψηλών εισροών, πιθανόν λόγω καλύτερης αξιοποίησης των αρδεύσεων και μεγαλύτερης αποδοτικότητας χρήσης νερού.

**Λέξεις κλειδιά : εμφόλιμη καλλιέργεια, εναλλαγή καλλιεργειών, ενεργειακές καλλιέργειες, επίπεδα λίπανσης**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω ευχαριστίες πρωτίστως στον Καθηγητή κ. Νικόλαο Δαναλάτο για την πολύτιμη βοήθειά του ώστε να έρθει εις πέρας η εκπόνηση της συγκεκριμένης Μεταπτυχιακής διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Χα Ιμπραχίμ Αβραάμ και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Σφουγγάρη Αθανάσιο, για το χρόνο που διέθεσαν για να διορθώσουν τη Μεταπτυχιακή μου διατριβή.

Ιδιαίτέρως ευχαριστώ τη Δρ Σκουφογιάννη Ελπινίκη (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας) για την πολύτιμη βοήθειά της και τις χρήσιμες υποδείξεις που μου προσέφερε τόσο κατά την εκτέλεση των πειραμάτων όσο και κατά τη συγγραφή του κειμένου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη διαρκή στήριξη κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου, ιδιαίτερα τον παππού και τη γιαγιά Λευτέρη και Ζωή χάρη στους οποίους κατάφερα να πραγματοποιήσω τόσο τις βασικές όσο και τις μεταπτυχιακές σπουδές μου.

*Αφιερωμένη στον παππού και τη γιαγιά, Λευτέρη και Ζωή*

Περιεχόμενα	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	8
1.1 Αμειψισπορά .....	8
1.2 Ηλίανθος .....	11
1.2.1. Γενικά.....	11
1.2.2. Μορφολογία – Φυσιολογία.....	11
1.2.3. Καλλιεργητικές τεχνικές.....	14
1.2.4. Η σημασία της καλλιέργειας του ηλίανθου .....	16
1.3. Αραβόσιτος .....	21
1.3.1. Γενικά.....	21
1.3.2. Μορφολογία Φυσιολογία.....	21
1.3.3. Καλλιεργητικές τεχνικές.....	22
1.3.4. Η σημασία της καλλιέργειας του αραβοσίτου .....	24
1.3.5. Καλλιέργεια αραβοσίτου με αμειψισπορά.....	28
1.4. Σκοπός της εργασίας.....	29
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	30
2.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΑΓΡΟΥ .....	30
2.1.1. Επιλογή Πειραματικών αγρών.....	30
2.2 Πειραματικό σχέδιο .....	31
2.3. Πειραματικές εργασίες υπαίθρου .....	36
2.3.1 Προετοιμασία αγρών .....	36
2.3.2. Εγκατάσταση καλλιεργειών – Καλλιεργητικές φροντίδες .....	37
2.3.2.1. Λίπανση .....	37
2.3.2.2. Σπορά .....	37
2.3.2.3. Έλεγχος ζιζανίων .....	39
2.3.2.4. Καταπολέμηση εντόμων .....	40
2.3.2.5. Άρδευση.....	40
2.3.2.6. Ενσωμάτωση χλωρής βιομάζας.....	41
2.3.2.7. Συγκομιδή .....	41
2.4. Μετρήσεις .....	42
2.4.1. Μετρήσεις αύξησης - ανάπτυξης.....	42
2.5. Μετεωρολογικά δεδομένα και στατιστική ανάλυση .....	45
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	47
3.1 Κλιματικές συνθήκες .....	47
3.2. ΗΛΙΑΝΘΟΣ.....	50

3.2.1. Αύξηση και ανάπτυξη του ηλίανθου .....	50
3.2.1.1. Ύψος .....	50
3.2.1.2. Φύλλα - Βλαστοί.....	50
3.2.1.3 Ολική ξηρή βιομάζα .....	51
3.2.1.4. LAI.....	58
3.2.1.5. Όργανα καρποφορίας.....	62
3.3. ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ.....	73
3.3.1. Αύξηση και ανάπτυξη του αραβοσίτου .....	73
3.3.1.1. Ύψος .....	73
3.3.2.2. Φύλλα – Βλαστοί.....	74
3.3.2.3. Ολική ξηρή βιομάζα .....	74
3.3.2.4. LAI.....	82
3.3.1.5. Όργανα καρποφορίας.....	86
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	96
4.1. Ηλίανθος .....	96
4.2.Αραβόσιτος .....	97
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	99
ABSTRACT.....	109

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

## 1.1 Αμειψισπορά

Πρακτικές καλλιέργειας, όπως το όργωμα και η αμειψισπορά μπορούν να τροποποιούν οργανική ύλη του εδάφους (SOC). Οι επιπτώσεις του οργώματος στην οργανική ύλη του εδάφους στο επιφανειακό έδαφος έχουν τεκμηριωθεί, αλλά τα αποτελέσματα διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του εδάφους, τα συστήματα καλλιέργειας, τη διαχείριση καταλοίπων και το κλίμα (Paustian *et al.*, 1997). Η άροση μειώνει την περιεκτικότητα σε οργανική ύλη, λόγω της αυξημένης ανοργανοποίησης των υπολειμμάτων της καλλιέργειας, τη δομή του εδάφους και τον αερισμό (Sainju *et al.*, 2006). Αντίθετα, όταν το έδαφος δεν οργώνεται παρατηρείται αύξηση του οργανικού άνθρακα στο επιφανειακό στρώμα (Six *et al.*, 1998; Sainju *et al.*, 2006; Melero *et al.*, 2009; López-Bellido *et al.*, 2010), βελτίωση της συσσωμάτωσης του εδάφους (Coulombe *et al.*, 1996), και καλύτερη διατήρηση των πόρων του εδάφους από ό, τι στις συμβατικές πρακτικές με άροση (Six *et al.*, 1998). Η δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος που οργώνεται και σε έδαφος που δεν οργώνεται μπορεί να επηρεάζεται από τις πρακτικές διαχείρισης των καλλιεργειών, εξ αιτίας των διαφορών των φυτικών εισροών σε C και του ποσοστού ανοργανοποίησης τους (Sainju *et al.*, 2006). Οι εναλλαγές καλλιεργειών έχουν δείξει θετικά αποτελέσματα στην ενίσχυση της οργανικής ουσίας του εδάφους (SOC) (Campbell *et al.*, 1996; López-Bellido *et al.*, 2010), ειδικά στην αμειψισπορά που περιλαμβάνει είδη ψυχανθών (Omay *et al.*, 1997; Potter *et al.*, 1998; Ashraf *et al.*, 2004; López-Bellido *et al.*, 2010).

Ένα χαρακτηριστικό που είναι ιδιαίτερα σημαντικό είναι η αναλογία C/N. Όταν αυτή η αναλογία είναι χαμηλότερη από περίπου 15, το άζωτο μπορεί να ελευθερωθεί κατά την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας. Όταν η αναλογία είναι υψηλότερη το άζωτο θα ενσωματωθεί στη βιομάζα των μικροοργανισμών (έχουμε δηλαδή ακινητοποίηση). Στην τελευταία περίπτωση αυτό δε θα γίνει εύκολα διαθέσιμο στα φυτά. Οι αναλογίες C/N μπορούν να ποικίλουν μεταξύ 3 για μερικές πρωτεΐνες και 100 για το άχυρο. Τα ψυχανθή προσθέτουν ικανοποιητική ποσότητα οργανικής ύλης και N στο έδαφος (Omay *et al.*, 1997;.. Sainju *et al.*, 2003) και αυξάνουν τη γονιμότητά του. Οι Espinoza *et al.*, (2007) αναφέρουν ότι οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στον ολικό οργανικό C και ολικό N σε σχέση με το όργωμα και



την αμειψισπορά σχετίζονταν σημαντικά με την ποσότητα και την ποιότητα των φυτικών υπολειμμάτων που παραμένουν στο έδαφος. Η αναλογία C/N μιας καλλιέργειας είναι καθοριστικός παράγοντας για τη διαθεσιμότητα του N στο έδαφος, ανεξάρτητα από την τοποθέτηση των υπολειμμάτων στο έδαφος (Urendra *et al.*, 2005). Τα ψυχανθή έχουν χαμηλή αναλογία C / N, ενώ άλλα φυτά, όπως η σίκαλη και το σιτάρι, έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε N και ως εκ τούτου υπέρ ακινητοποίηση N πάνω από το έδαφος και ανοργανοποίηση του από μικροοργανισμούς (Urendra *et al.*, 2005). Η λίπανση με N μπορεί να αυξήσει την οργανική ουσία του εδάφους (SOC) αυξάνοντας την παραγωγή βιομάζας των καλλιεργειών και την ποσότητα των υπολειμμάτων που παρέμειναν στο έδαφος (Gregorich *et al.*, 1996). Επομένως, η αμειψισπορά και λιγότερο η λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα μπορούν να επηρεάσουν την οργανική ουσία του εδάφους (SOC) λόγω των διαφορών στα ποσοστά ανοργανοποίησης των υπολειμμάτων των καλλιεργειών και της οργανικής ύλης του εδάφους. Αρκετοί συγγραφείς, συμπεριλαμβανομένων των Sainju *et al.*, (2003), παρατήρησαν ότι οι καλλιέργειες ψυχανθών ως φυτά εδαφοκάλυψης και η λίπανση N μπορούν να αυξήσουν την απόδοση και την παραγωγή βιομάζας σε σύγκριση με άλλες καλλιέργειες ή χωρίς την κάλυψη των καλλιεργειών και λίπανση με αζωτούχα λιπάσματα, λόγω του αυξημένου εφοδιασμού σε C και N. Επιπλέον, μέχρι και 7-43% της συνολικής βιομάζας C μπορεί να προέλθει από τις ρίζες (Kuo *et al.*, 1997). Οι Sandeep *et al.*, (2010) υποστήριξαν ότι το ριζικό σύστημα βοηθά στη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους και τη δέσμευση του άνθρακα. Οι ρίζες παρέχουν C στο έδαφος μέσω της ποσότητας και της ποιότητας των υπολειμμάτων της, της απελευθέρωσης εκκρίσεων της ρίζας και της μεταφοράς C στους συμβιωτικούς οργανισμούς της ρίζας (Tresder *et al.*, 2005).

Αρκετοί συγγραφείς (Allmaras *et al.*, 2004) έχουν αναφέρει ότι οι ρίζες του αραβόσιτου συνεισφέρουν από 1.6-3.5 φορές περισσότερο C στην οργανική ουσία του εδάφους (SOC) από ότι οι βλαστοί. Οι συνθήκες του περιβάλλοντος που επηρεάζουν είτε τις λειτουργίες των φυτών ή οι λειτουργίες του εδάφους, ή και τα δύο, αναπόφευκτα διαμορφώνουν τις επιδράσεις της ρίζας στην διάσπαση της οργανικής ουσίας του εδάφους (SOM) (Cheng & Kuzyakov, 2005).

Μολονότι η οργανική ουσία του εδάφους (SOC) είναι ένα σημαντικό συστατικό της ποιότητας εδάφους και της παραγωγικότητας, η μέτρηση της από μόνη

της δεν επαρκεί για την αλλαγή της ποιότητας του εδάφους και την κατάσταση των θρεπτικών συστατικών (Franzluebbers *et al.*, 1995).

Η ενσωμάτωση της καλλιέργειας ψυχανθών στην αμειψισπορά αυξάνει τις τιμές ενζυματικής δραστηρότητας του εδάφους, επειδή η ριζόσφαιρα των ψυχανθών εκκρίνει πιο ενεργά μεγαλύτερες ποσότητες εκκρίσεων από άλλες καλλιέργειες (Sainju *et al.*, 2005, 2006). Υπάρχουν κάποιες μελέτες σχετικά με τις επιδράσεις των διαφόρων συστημάτων διαχείρισης καλλιεργειών για την ποιότητα του εδάφους κάτω από διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες (Kandeler *et al.*, 1999; Roldan *et al.*, 2005; Melero *et al.*, 2009).

Ωστόσο, οι πληροφορίες σχετικά με τις αλλαγές που παράγονται από την αλληλεπίδραση του συστήματος καλλιέργειας με την αμειψισπορά και το ποσοστό λίπανσης με Ν σε ημίξηρες Μεσογείου αγροοικοσυστημάτων σπανίζουν.

## 1.2 Ηλίανθος

### 1.2.1. Γενικά

Ο Ηλίανθος είναι φυτό που ανήκει στην οικογένεια *Asteraceae*, του γένους *Helianthus* και του είδους *annuus*. Αποτελεί ετήσια εαρινή καλλιέργεια και ανήκει στην κατηγορία των C<sub>3</sub> φυτών.

Ο ηλίανθος προσαρμόζεται σε διάφορα γεωγραφικά πλάτη, από τον Καναδά μέχρι την Αργεντινή.

Ο βιολογικός κύκλος του φυτού είναι περίπου 3,5 μήνες (αναλόγως πάντοτε του υβριδίου). Η διάρκεια του βιολογικού κύκλου του ηλίανθου εξαρτάται από τον γενότυπο, την εποχή σποράς και τις συνθήκες περιβάλλοντος της περιοχής καλλιέργειας. Μπορεί να κυμαίνεται από 80 ημέρες στη Ρωσία μέχρι 170 ημέρες στο Μεξικό, ενώ η διάρκεια των διαφόρων σταδίων ανάπτυξης σε ημερολογιακό χρόνο είναι 11 ημέρες από τη σπορά μέχρι το φύτευμα (Αυγουλάς *et al.*, 2001), 33 ημέρες από το φύτευμα μέχρι την εμφάνιση των ανθικών καταβολών, 27 ημέρες από την εμφάνιση των ανθικών καταβολών μέχρι την έναρξη της άνθισης, 8 ημέρες από την έναρξη μέχρι την ολοκλήρωση της άνθισης και 30 ημέρες για την ωρίμανση του σπόρου.

Η καλλιεργητική περίοδος του ηλίανθου θεωρείται από τις μικρότερες σε σύγκριση με άλλα φυτά καθώς πρώιμες ποικιλίες ηλίανθου είναι έτοιμες για συγκομιδή 90 με 120 μέρες μετά το φύτεμα.

### 1.2.2. Μορφολογία – Φυσιολογία

Τα επιμέρους στάδια ανάπτυξης του ηλίανθου έχουν προσδιοριστεί σύμφωνα με το διεθνές σύστημα BBCH (Lancashire *et al.*, 1991). Τα φύλλα του ηλίανθου είναι καρδιόσχημα, ωοειδή, οδοντωτά στην περιφέρεια και τριχωτά. Τα είδη ηλίανθου που προσφέρονται για καλλιέργεια έχουν ένα μόνο μίσχο καταλήγοντας σε ένα μεγάλο άνθος. Κατά την περίοδο ανάπτυξης κάθε άνθος γονιμοποιείται ξεχωριστά. Η παραγωγή σπόρων ξεκινά από το εξωτερικό των ανθέων και τελειώνει προς το εσωτερικό του. Γενικότερα χρειάζεται 30 μέρες μετά τη γονιμοποίηση για να

ωριμάσουν οι σπόροι. Το σύνηθες ύψος για τα φυτά του ηλίανθου είναι το 1,5 με 2 m και η διάμετρος βάσης του βλαστού τα 2,5-3 cm. Οι ποικιλίες για πασατέμπο φθάνουν και 3,5 m σε ύψος. Η διάμετρος των ανθέων είναι σχετικά μεγάλη και συνήθως κυμαίνεται από 7,62 έως 40 cm. Παρόλα αυτά εξαίρεση αποτελούν οι ποικιλίες νάνοι που έχουν ύψος από 0,91 έως 1,20 m και παρουσιάζουν μικρότερη διάμετρο ανθέων. Η ονομασία του γένους οφείλεται στο γεγονός ότι η ταξιανθία (επονομαζόμενη ως κεφαλή) και τα φύλλα ακολουθούν τον ήλιο καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας και στρέφονται πάλι προς την ανατολή το πρωί. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *ηλιοτροπισμός*. Τις συννεφιασμένες μέρες ο ηλίανθος δεν στρέφει την ανθοκεφαλή. Ο ηλιοτροπισμός συντελεί στην αύξηση της φωτοσύνθεσης στη μονάδα του χρόνου (10-30%) ανάλογα με την κατανομή των φύλλων. Η κίνηση αυτή σταματά μετά την άνθιση και την γονιμοποίηση των ανθέων. Το περιβάλλον (ακτινοβολία, θερμοκρασία) και οι καλλιεργητικές μεταχειρίσεις, (εποχή και πυκνότητα σποράς, γονιμότητα εδάφους, άρδευση, λίπανση, κλπ.) επηρεάζουν αυτά τα χαρακτηριστικά του. Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης, ο βλαστός είναι ευθύς, ενώ στη συνέχεια κάμπτεται. Η κάμψη γίνεται σε ορισμένο ύψος του στελέχους, και αυτό επηρεάζει την τελική γωνία κλίσης της ταξιανθίας του φυτού. Όταν το φυτό αποκτά το μέγιστο ύψος του βρίσκεται στα μισά του βιολογικού του κύκλου. Η αύξηση του ηλίανθου ακολουθεί την τυπική σιγμοειδή καμπύλη αύξησης. Τα φύλλα που βρίσκονται μεταξύ 8<sup>ου</sup> και 20<sup>ου</sup> κόμβου είναι μεγαλύτερα και αντιπροσωπεύουν το 60-70% της συνολικής φυλλικής επιφάνειας, η οποία κυμαίνεται από 0,2-0,4 m<sup>2</sup> και παίζει σημαντικό ρόλο στη συγκέντρωση λιπαρών ουσιών στο σπόρο. Το 50% της συνολικής φυλλικής επιφάνειας σχηματίζεται μέχρι την περίοδο της εμφάνισης των ανθοταξιών και το 75% μέχρι την άνθιση. Η φυλλική επιφάνεια είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους του, επειδή προσδιορίζει το παραγωγικό δυναμικό και ερμηνεύει τις ικανότητές του για αποτελεσματική χρήση νερού και θρεπτικών στοιχείων. Η μέγιστη φυλλική επιφάνεια που αναπτύσσεται εξαρτάται από την πυκνότητα σποράς. Η διάρκεια ζωής των φύλλων είναι επίσης σημαντική παράμετρος, και απώλεια των φύλλων προκαλεί σοβαρή πτώση στις τελικές αποδόσεις. Εξαρτάται από την ταχύτητα ανάπτυξης των φύλλων, το μέγιστο μέγεθος της φυλλικής επιφάνειας και την ταχύτητα καταστροφής της, ενώ η γονιμότητα του εδάφους και το νερό την επηρεάζουν περισσότερο από την ποικιλία. Η διάρκεια ζωής των φύλλων μετά την άνθιση κυμαίνεται από 30-90 ημέρες και εξαρτάται από την θερμοκρασία και την διαθεσιμότητα νερού (Ξανθόπουλος, 1993). Ενδιαφέρον παρουσιάζει η αύξηση της ρίζας του ηλίανθου, η οποία μεγαλώνει

ταχύτερα από το υπέργειο τμήμα του φυτού. Όταν το φυτό αποκτήσει 40 cm ύψος, η ρίζα έχει ήδη φθάσει τα 70 cm. Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης αναπτύσσονται πολλές δευτερεύουσες ρίζες οι οποίες εκτείνονται οριζόντια μέχρι να εξαντληθεί το νερό των ανώτερων εδαφικών στρωμάτων και στη συνέχεια στρέφονται κατακόρυφα. Ο ηλίανθος, ενώ μπορεί να εκμεταλλευτεί μεγάλο όγκο εδάφους λόγω του μεγάλου όγκου του ριζικού του συστήματος, παρουσιάζει μικρή διεισδυτικότητα και οι ρίζες στρέφονται οριζόντια όταν παρουσιαστεί εμπόδιο, χάνοντας έτσι την ικανότητά τους να αντλούν νερό και θρεπτικά στοιχεία από μεγάλα βάθη. Το βάθος του ριζικού συστήματος μπορεί να φθάσει τα 150-270 cm, αλλά η ανάπτυξή του γίνεται σε βάθος κάτω από τα 15 cm αφήνοντας έτσι το επιφανειακό στρώμα εδάφους ανεκμετάλλευτο (Ξανθόπουλος, 1993).

Οι Goynes *et al.*, (1982) αναφέρουν ότι η έναρξη της άνθισης σηματοδοτεί το τέλος της παραγωγής φύλλων και τη μετάβαση από το βλαστικό στο αναπαραγωγικό στάδιο, ενώ οι Ferreira & Abreu (2001) διαπίστωσαν ότι από την εμφάνιση των ανθικών καταβολών μέχρι την άνθιση, η κεφαλή και τα βλαστικά όργανα (φύλλα και βλαστοί) αυξάνονται ταυτόχρονα, αλλά μετά την άνθιση η βιομάζα των φύλλων και των βλαστών ελαττώνεται, ενώ της κεφαλής αυξάνεται μέχρι την ωρίμανση με τη χρησιμοποίηση των προϊόντων της αφομοίωσης που είχαν αποθηκευτεί στα φύλλα και στους βλαστούς σε προηγούμενα στάδια (Conor & Sandras, 1992; Gimenes *et al.*, 1994; Fandrade, 1995). Η σταθερότητα του θερμοκρασιακού χρόνου έχει χρησιμοποιηθεί για την εμφάνιση ενός φύλλου στα διάφορα φυτά (Ritchie, 1991; Sharrat, 1999) και στον ηλίανθο (Kiniry *et al.*, 1992; Hall *et al.*, 1995). Οι Villalobos & Ritchie (1992) και Ferreira & Abreu (2001) αναφέρουν την τιμή των 20°C-days ως θερμικό χρόνο για την εμφάνιση ενός φύλλου. Όλα τα φύλλα ανεξάρτητα από την θερμοκρασία χρειάζονται τις ίδιες βαθμομέρες για την ανάπτυξή τους, παρότι ο αριθμός ελαττώνεται με την αύξηση της ακτινοβολίας, και ότι για την ίδια ακτινοβολία ο αριθμός των φύλλων είναι μικρότερος αν η θερμοκρασία είναι μικρότερη (Rawson *et al.*, 1984, 1986).

Στην Ελλάδα η άνθιση του ηλίανθου αρχίζει και τελειώνει συνήθως μέσα στον μήνα Ιούνιο και διαρκεί 10-15 ημέρες (Ξανθόπουλος, 1993).

Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για την ανάπτυξη του ηλίανθου και η διάρκεια των διαφόρων σταδίων ανάπτυξης εξαρτώνται από τον γενότυπο και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν κατά την περίοδο του βιολογικού κύκλου σε σχέση με τις απαιτούμενες θερμομονάδες του υβριδίου, Growing Degree Days (Olivier &

Annandate, 1998; Ferreira & Abreu, 2001). Με χαμηλότερες θερμοκρασίες, η διάρκεια ανάπτυξης του φυτού είναι μεγαλύτερη από ότι σε υψηλές θερμοκρασίες και τα φυτά χρησιμοποιούν περισσότερο νερό, προσλαμβάνουν περισσότερη ακτινοβολία και παράγουν περισσότερη βιομάζα, ενώ με την καθυστέρηση της σποράς επισπεύδεται η ανάπτυξη διότι τα φυτά αντιμετωπίζουν υψηλότερες θερμοκρασίες κατά το βλαστικό στάδιο (Cirilo & Andrade 1994, Rawson *et al.*, 1986). Επίσης στην Πορτογαλία βρέθηκε ότι η αύξηση των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών από 17,7° C σε 21,3° C, ελάττωσε την διάρκεια του διαστήματος από 113 ημέρες σε 86 ημέρες (Ferreira & Abreu 2001). Γενικότερα οι απαιτήσεις των καλλιεργούμενων ποικιλιών του ηλίανθου από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή, εκφρασμένες με βάση τους 0 °C είναι 2350 GDD για τις πρώιμες και 2425 GDD για τις μεσο-πρώιμες και όψιμες ποικιλίες (Ξανθόπουλος, 1993).

### 1.2.3. Καλλιεργητικές τεχνικές

Η καλλιέργεια του ηλίανθου στην Ελλάδα θεωρείται ανοιξιάτικη με σπορά το μήνα Απρίλιο και συγκομιδή τον Αύγουστο. Καλλιέργειες ηλίανθου βρίσκονται κυρίως στη Θράκη και στην Κεντρική Μακεδονία (Skoulou *et al.*, 2011). Προσαρμόζεται ικανοποιητικά σε διάφορα είδη εδαφών με pH από 5.6-8.2, με άριστες τιμές από 6-7.2. Προσαρμόζεται πολύ καλά τόσο στα αμμώδη όσο και στα αργιλώδη εδάφη. Απαιτεί ιδιαίτερα καλή στράγγιση για την ανάπτυξη του ριζικού του συστήματος. Είναι μετρίως ανθεκτικός σε αλατούχα εδάφη και αναπτύσσεται ικανοποιητικά χωρίς μείωση των αποδόσεων σε σπόρο και λάδι σε εδάφη με αλατότητα από 2-4 mmhos/cm (Ayers & Westcot, 1985; Francois, 1996) και θεωρείται καλό προηγούμενο για τις καλλιέργειες που ακολουθούν γιατί ιδιαίτερα σε αρδευόμενα εδάφη, μετακινεί τα άλατα σε βαθύτερα στρώματα. Το νεαρό φυτό παρουσιάζει μεγάλη αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες (-5°C). Η βασική του θερμοκρασία, αναλόγως του γενότυπου, κυμαίνεται από 4-8°C. Ο ρυθμός φωτοσύνθεσης μεγιστοποιείται στους 28°C. Η βέλτιστη θερμοκρασία ημέρας για την ανάπτυξη του φυτού είναι 25-33°C, και με θερμοκρασίες από 25-30°C την ημέρα και 15-20°C τη νύχτα προκύπτουν οι μεγαλύτερες αποδόσεις του ηλίανθου. Η θερμοκρασία επιδρά σημαντικά στη σύνθεση του ηλιελαίου, ενώ δεν επηρεάζει την περιεκτικότητα του σπόρου σε λάδι, παρά μόνο όταν ξεπεράσει τους 35°C για μεγάλο χρονικό διάστημα (Ξανθόπουλος, 1993). Η

επίδραση των θερμοκρασιών είναι μικρότερης σημασίας για τα υψηλά ελαιοδοτικά υβρίδια από ότι στις σταθερές ποικιλίες στην περιεκτικότητα των οξέων (Lagravere *et al.*, 2000).

Ο ηλίανθος δεν είναι πολύ ανθεκτικός στην ξηρασία. Η ξηρασία προκαλεί μάρανση και πτώση των φύλλων και έχει άμεση επίδραση στη μείωση της φωτοσύνθεσης, γεγονός που συνεπάγεται μείωση της παραγωγής. Η κρίσιμη περίοδος για επάρκεια υγρασίας στον αγρό είναι περίπου 20 ημέρες πριν και 20 ημέρες μετά την ανθοφορία. Έλλειψη νερού σ' αυτό το χρονικό διάστημα έχει ως αποτέλεσμα μείωση παραγωγής έως και 70%. Για βέλτιστη απόδοση σοδειάς απαιτούνται περίπου 200-450 mm νερού αναλόγως των εδαφοκλιματικών συνθηκών, την εποχή σποράς καθώς και την ποικιλία. Το ύψος των βροχοπτώσεων στην βόρεια Ελλάδα μπορούν να εξασφαλίσουν μια ικανοποιητική σοδειά (Kallivrousis *et al.*, 2002).

Η ανάπτυξη του ηλίανθου εξαρτάται σημαντικά από την συγκέντρωση του αζώτου στο έδαφος. Το άζωτο αποτελεί το βασικότερο θρεπτικό στοιχείο για την ανάπτυξη του ηλίανθου και η έλλειψή του οδηγεί σε μείωση της απόδοσης του ηλιόσπορου. Το ριζικό σύστημα του ηλίανθου μπορεί να εκμεταλλευθεί εδαφικό άζωτο σε βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες, οι οποίοι δεν είναι προσβάσιμοι σε άλλες καλλιέργειες όπως του σιταριού, του αραβοσίτου και άλλων καλλιεργειών. Η χρήση μεγαλύτερης ποσότητας αζώτου από την κανονική μπορεί να προκαλέσει πλάγιασμα.

Η εποχή συλλογής σηματοδοτείται με το χρώμα της κεφαλής και την υγρασία των σπόρων, όταν η κεφαλή του ηλίανθου γίνει καφέ και η υγρασία των σπόρων φτάσει το 10-12% τότε η καλλιέργεια είναι έτοιμη για συγκομιδή. Η συγκομιδή γίνεται με την προσθήκη ειδικής κεφαλής στους γεωργικούς ελκυστήρες αλλά έχει παρατηρηθεί στην Ελλάδα και η χρήση κεφαλών που χρησιμοποιούνται για την συγκομιδή αραβοσίτου. Η απόδοση του σπόρου του ηλίανθου, που μπορεί να φτάσει και 4,5-5 t/ha μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε εδάφη με υψηλή στάθμη υπόγειου νερού όπως αυτά της δυτικής Θεσσαλίας κάτω από μειωμένες εισροές άρδευσης και αζωτούχου λίπανσης (Geronikolou *et al.*, 2005; Danalatos *et al.*, 2005). Τέτοιες αποδόσεις είναι τρεις φορές υψηλότερες σε σύγκριση με τις αποδόσεις ηλίανθου που λαμβάνουν χώρα στη βόρεια Ελλάδα.

#### 1.2.4. Η σημασία της καλλιέργειας του ηλίανθου

Ο ηλίανθος είναι μία από τις πιο σημαντικές ελαιοδοτικές καλλιέργειες στον κόσμο. Εξαιτίας της μεγάλης προσαρμοστικότητας του φυτού, των χαμηλών καλλιεργητικών απαιτήσεων, της υψηλής ποιότητας του ελαίου του, της περιεχόμενης πρωτεΐνης και της αξιοποίησης όλων των μερών του φυτού, η καλλιέργειά του έχει αυξηθεί στις αναπτυγμένες αλλά και στις υποανάπτυκτες χώρες (Škorić, 1992). Το εμπορικό προϊόν που παράγεται από τους σπόρους του είναι το έλαιο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βρώσιμο (π.χ. το κοινώς γνωστό ως ηλιέλαιο) ή ως βιοντίζελ.

Το έλαιο του ηλίανθου κατέχει την τέταρτη θέση στη λίστα των παραγόμενων ελαίων παγκοσμίως (FAO, 2010). Είναι μια πλούσια πηγή φυτικού ελαίου με μεγάλη περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα κυρίως παλμιτικό, στεατικό, ελαϊκό και λινελαϊκό (Fuller *et al.*, 1967). Το ελαϊκό και λινελαϊκό οξύ αποτελούν το 85-90% των συνολικών λιπαρών οξέων των σπόρων (Kilman, 1964; Lagraverre *et al.*, 1998; Murphy, 1994). Η μέση περιεκτικότητα ολόκληρου του σπόρου σε λάδι είναι περίπου 45%. Ο ηλίανθος είναι μια πρωτεϊνούχος καλλιέργεια. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καλή πρωτεϊνούχος τροφή ζώων, αλλά και στην ανθρώπινη διατροφή (Fernandez-Martinez & Alba, 1984). Σήμερα η χρησιμοποίηση όλων των μερών του φυτού αποτελεί γεγονός αν και μεγαλύτερη αξία έχει ο σπόρος του, που είναι καλή πηγή πρωτεΐνης και ακόρεστων λιπαρών οξέων και χρησιμοποιείται στη διατροφή των ανθρώπων και των ζώων. Το έλαιο του ηλίανθου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή πολλών άλλων προϊόντων όπως, καύσιμα (βιοντίζελ), λιπαντικά, σαπούνια και κεριά, για την παραγωγή ειδικών υδατανθράκων (Škorić, 1992; Friedt, 1992) και στη βιομηχανία χρωμάτων επειδή δεν περιέχει σχεδόν καθόλου λινολενικό οξύ, το οποίο προκαλεί μετά από κάποιο χρονικό διάστημα προβλήματα στα λευκά ελαιοχρώματα (Ξανθόπουλος, 1993). Μετά την αφαίρεση του ελαίου από το σπόρο, η πούλπα αποτελεί σημαντική πηγή πρωτεΐνης η οποία χρησιμοποιείται κατά κανόνα ως ζωοτροφή. Οι φλοιοί των σπόρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή αλκοόλης και για τη δημιουργία υποστρωμάτων διάφορων ενζύμων, μετά από ειδική επεξεργασία (Friedt, 1992). Επίσης, μπορεί να παραχθεί στυπόχαρτο και από το εσωτερικό του βλαστού τυπογραφικό χαρτί υψηλής ποιότητας. Τα αποξηραμένα στελέχη χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ελαστικού (Friedt, 1992), ινών και χαρτιού και σε φτωχές χώρες ως φτηνή πρώτη ύλη (Ξανθόπουλος, 1993). Οι ξηροί βλαστοί αποτελούν εξαιρετικό καύσιμο, ενώ η στάχτη που απομένει έχει υψηλή



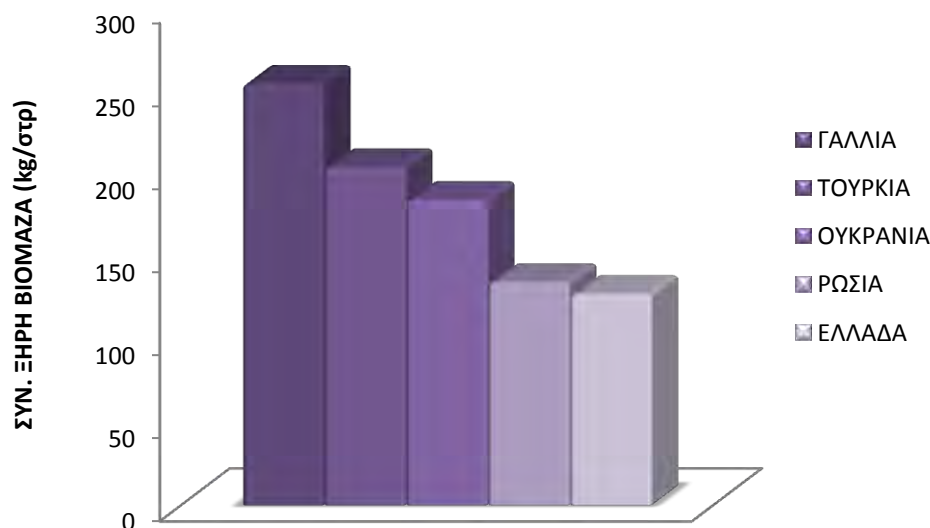
περιεκτικότητα σε κάλιο (Murphy, 1994; Αυγουλάς *et al.*, 2001). Επειδή για κάθε χρήση απαιτούνται ορισμένα χαρακτηριστικά, η αξία των σπόρων καθορίζεται από το πόσο ανταποκρίνονται στα χαρακτηριστικά αυτά (Burton *et al.*, 2004). Ο ηλίανθος δίδει δύο τύπους σπόρων, τους μεγάλους που προορίζονται για άμεση edώδιμη κατανάλωση και τους μικρούς που είναι κατάλληλοι για εξαγωγή ελαίου (Αυγουλάς *et al.*, 2001). Οι μικροί σπόροι με μεγάλη περιεκτικότητα σε έλαιο προορίζονται για την παραγωγή ηλιέλαιου. Η καταλληλότητα του παραγόμενου ηλιέλαιου για διαφορετικές χρήσεις καθορίζεται από τη σύσταση του σε λιπαρά οξέα και την περιεκτικότητά του σε αντιοξειδωτικά. Η σύνθεση του ηλιέλαιου εξαρτάται από το γονότυπο και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Robertson *et al.*, 1978; Lajara *et al.*, 1990; Miller & Vick, 1999; Sobrino *et al.*, 2003).

Το έλαιο του ηλίανθου για να χρησιμοποιηθεί σαν βιοκαύσιμο έχει υπολογιστεί ότι πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 40% ελαϊκό οξύ. Έτσι για την παραγωγή βιοκαυσίμων είναι κατάλληλα τα mid-oleic και τα high-oleic υβρίδια (Pereyra-Irujo *et al.*, 2009).

Η μερική τουλάχιστον αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων με βιοκαύσιμα είναι σήμερα επιτακτική ανάγκη για τη μείωση των ρύπων που απειλούν τη ζωή στο πλανήτη. Το βιοντήζελ θα μπορούσε να παίξει καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη αυτού του στόχου.

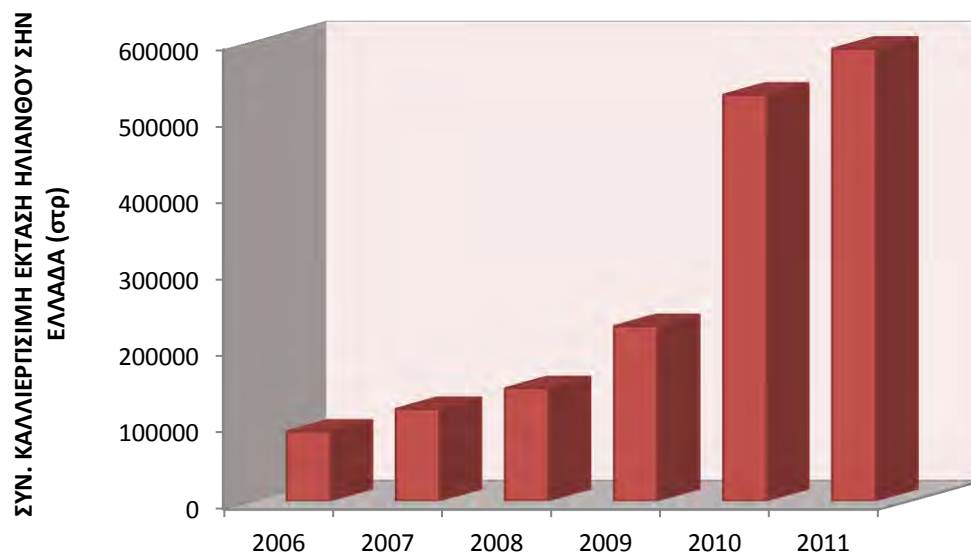
Από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα υπάρχει παραγωγή και εμπορία ηλιέλαιου σε μεγάλη κλίμακα στη Ρωσία, η οποία το 1991-92 έφθασε να παράγει το 27% της παγκόσμιας παραγωγής κατέχοντας την 1<sup>η</sup> θέση. Ο ηλίανθος με 21 εκατομ. τόνους κατέχει την 3<sup>η</sup> θέση μετά τη σόγια και το βαμβάκι στην παγκόσμια παραγωγή ελαιούχων σπόρων. Καλλιεργείται παγκοσμίως σε 180 εκατομμύρια στρέμματα με πρώτη χώρα τις ΗΠΑ (10 εκατομμύρια στρέμματα). Στην Ευρώπη, την 1<sup>η</sup> θέση κατέχει η Ισπανία με 8,5 εκατομμύρια στρέμματα, ενώ η Ελλάδα κατέχει την 8<sup>η</sup> θέση με 150-200 χιλιάδες στρέμματα, με μέση απόδοση 131-150 kg/στρ σε ξηρικές εκτάσεις και 300 kg/στρ σε αρδευόμενες εκτάσεις (FAO, 2001). Η παραγωγή ηλιέλαιου ακολουθεί ανοδική πορεία τα τελευταία χρόνια και η παγκόσμια παραγωγή ξεπερνά τα 10 εκατ. tn σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία του FAO (2010). Από αυτή την παραγωγή, το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής 60% προέρχεται από χώρες της Ευρώπης, ποσοστό το οποίο ανέρχεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή ηλιέλαιου είναι η Γαλλία, η Ισπανία και η Ρουμανία με παραγωγή κατά μέσο όρο την τελευταία δεκαετία 491.078, 402.888 και 278.525

τόνους ανά έτος αντίστοιχα. Ακολουθούν οι χώρες Ολλανδία, Ουγγαρία, Ιταλία, Γερμανία και Βουλγαρία (FAO, 2010). Στην Ελλάδα, η καλλιέργεια του ηλίανθου παρουσίαζε πτωτικές τάσεις μέχρι περίπου το 2004, όμως τα τελευταία χρόνια οι καλλιεργούμενες εκτάσεις έχουν αυξηθεί (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 2010). Οι μεγαλύτερες εξαγωγικές χώρες την πενταετία 2003-2007 κατά μέσο όρο είναι η Ουκρανία και η Αργεντινή και ακολουθούν οι χώρες Ρωσία, Ολλανδία, Γαλλία, Ουγγαρία, Βέλγιο και Η.Π.Α. Το έτος 2011 για τις χώρες Γαλλία, Τουρκία, Ουκρανία, Ρωσία και Ελλάδα, η συνολική ξηρή βιομάζα ηλίανθου κυμαίνεται από 127-253 kg/στρ με πρώτη τη Γαλλία και τελευταία την Ελλάδα (Διαγρ. 1.2.1)

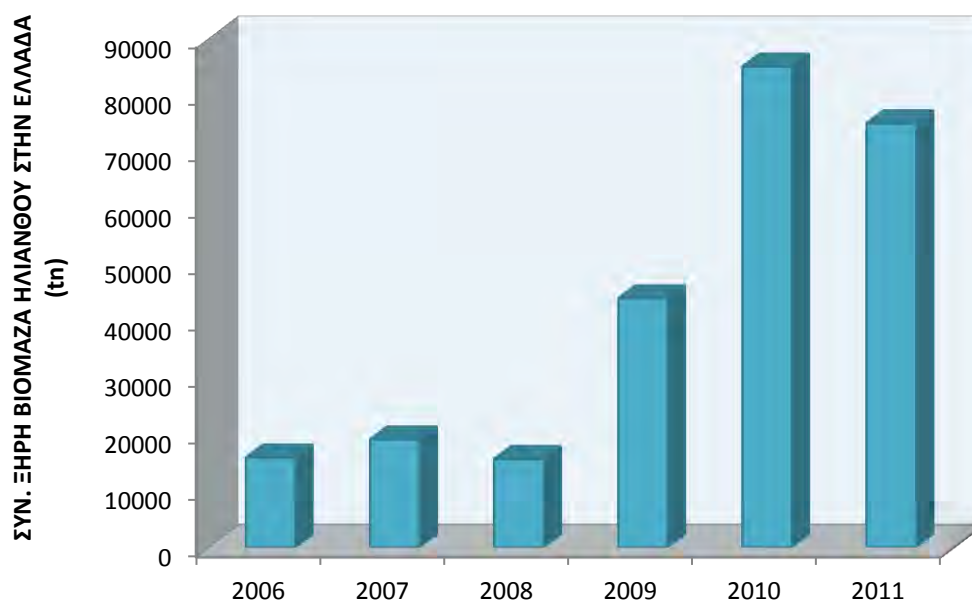


**Διάγραμμα 1.2.1.** Συνολική παραγωγή ξηρής βιομάζας ηλίανθου (σε kg/στρ) το έτος 2011 στις χώρες, Γαλλία, Τουρκία, Ουκρανία, Ρωσία και Ελλάδα.

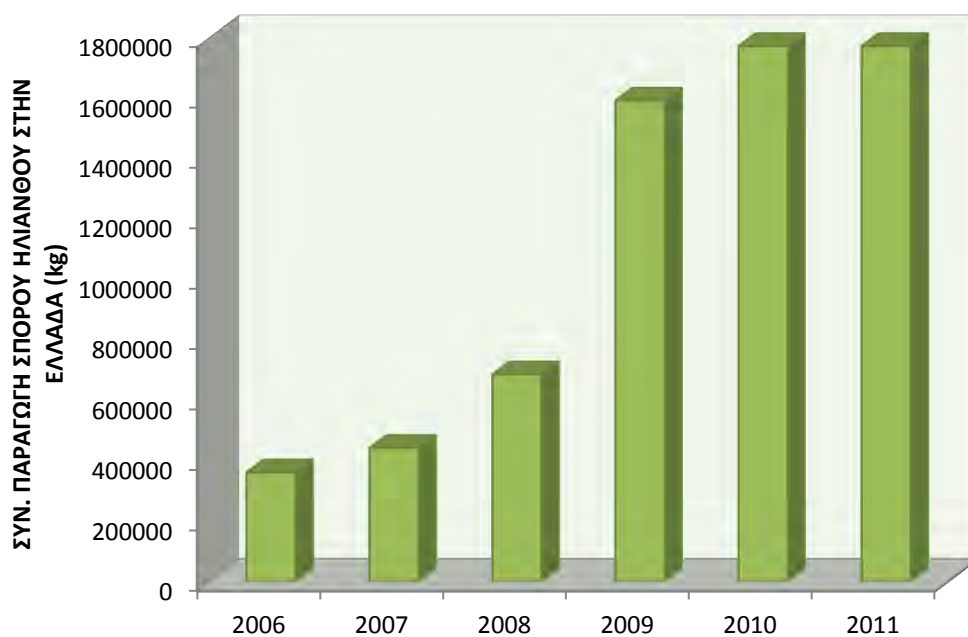
Η παραγωγή ηλίανθου στην Ελλάδα γίνεται κυρίως σε βόρειες περιοχές (Μακεδονία και Θράκη). Η έκταση η οποία καταλαμβάνει η καλλιέργεια ηλίανθου ακολουθεί ανοδική πορεία από το 2006-2011 όπως ανοδική πορεία ακολουθεί και η συνολική παραγωγή βιομάζας καθώς και η παραγωγή σπόρων, όπως παρουσιάζονται τα στοιχεία στα Διαγράμματα 1.2.2., 1.2.3., και 1.2.4. (FAOSTAT, 2011). Στην ίδια δετία η μέση στρεμματική απόδοση κυμαίνεται από 127-193 kg/στρ με τη χαμηλότερη απόδοση το έτος 2011 και την υψηλότερη το έτος 2009 (Διάγρ. 1.2.5.) (FAOSTAT, 2011).



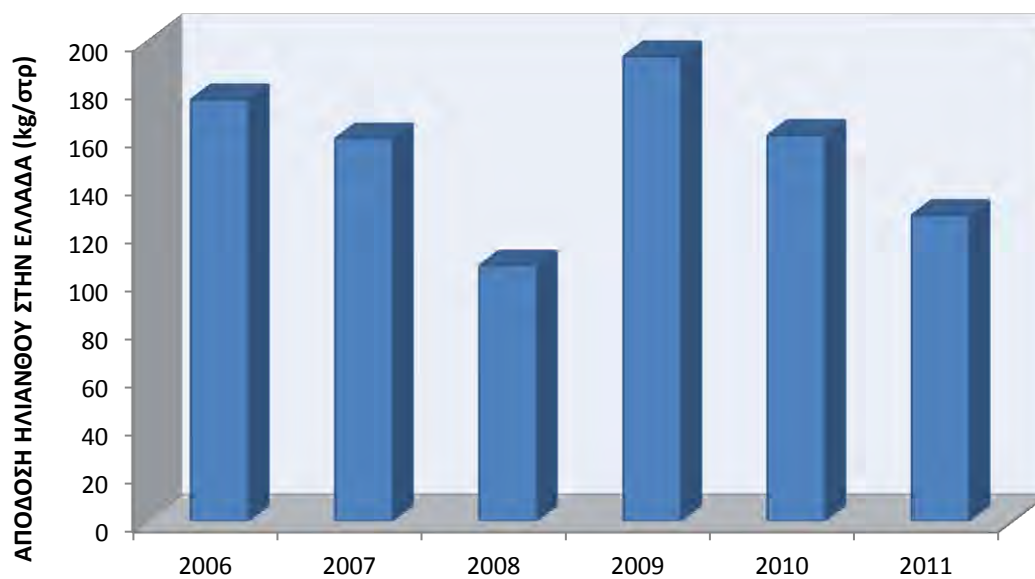
**Διάγραμμα 1.2.2.** Συνολική στρεμματική καλλιεργήσιμη έκταση ηλίανθου στην Ελλάδα από το 2006-2011 (σε στρ).



**Διάγραμμα 1.2.3.** Συνολική ξηρή βιομάζα ηλίανθου στην Ελλάδα από το 2006-2011.



**Διάγραμμα 1.2.4.** Συνολική παραγωγή ηλίανθου στην Ελλάδα από το 2006-2011



**Διάγραμμα 1.2.5.** Απόδοση της καλλιέργειας του ηλίανθου σε (kg/στρ) από το 2006-2011.

### 1.3. Αραβόσιτος

#### 1.3.1. Γενικά

Ο αραβόσιτος (*Zea mays*) είναι ένα σιτηρό που ανήκει στη οικογένεια Poaceae ή Graminae. Καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο για σπόρο ή για χορτονομή. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών αποδεικνύεται πως ο αραβόσιτος μαζί με το ρύζι και το σιτάρι, είναι ένα από τα τρία πιο σημαντικά δημητριακά που προορίζονται για ανθρώπινη και ζωική κατανάλωση ανά τον κόσμο, με παγκόσμια παραγωγή 822 εκατομμύρια τόνους ανά χρόνο και οι καλλιέργειες αραβοσίτου καταλαμβάνουν έκταση 160 εκατομμυρίων εκταρίων (FAOSTAT, 2011). Ο αραβόσιτος συμβάλλει παγκοσμίως στο ένα τρίτο της παραγωγής σιτηρών.

#### 1.3.2. Μορφολογία Φυσιολογία

Είναι ετήσιο, ψηλό φυτό με συμπαγή βλαστό, στενά και μακριά φύλλα σε σχήμα σπαθιού και κυματιστά άκρα. Στην κορυφή του φυτού υπάρχει η αρσενική ταξιανθία που σχηματίζει θύσανο, και έχει την ονομασία φόβη. Η θηλυκή ταξιανθία αποτελείται από ένα πλατύ στάχυ με παχύ άξονα, πάνω στον οποίο βρίσκονται τα άνθη σε σειρές. Η ταξιανθία αυτή ονομάζεται σπάδικας. Στη συνέχεια τη θέση των ανθέων παίρνουν οι κόκκοι που καλύπτονται από φύλλα ενώ στην κορυφή του σπάδικα υπάρχει θύσανος αποτελούμενος από πολλές μακριές τριχοειδείς κλωστές.

Ο καρπός του αραβοσίτου είναι καρύωση, δηλαδή είδος ξηρού καρπού, μονόσπερμου, με πολύ λεπτό περικάρπιο που περιβάλλει το σπέρμα. Αποτελείται από τέσσερα τμήματα: το περικάρπιο, το ενδοσπέρμιο, το έμβρυο και τον ποδίσκο. Η καλλιέργεια αραβοσίτου γίνεται σε περιοχές που βρίσκονται σε γεωγραφικά πλάτη από 57° μέχρι 40° και από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι και 3800 μέτρα υψόμετρο.

Η δομή της φυλλοστοιβάδας και η χωρική τοποθέτησή της επηρεάζουν σημαντικά την παρεμπόδιση της ηλιακής ακτινοβολίας συνεπώς και την παραγωγή της βιομάζας, μέσω της φωτοσύνθεσης (Sinoquet & Bonhomme, 1989). Με παρόμοιο τρόπο, η γήρανση των φύλλων μπορεί να επηρεάσει δραματικά την παραγωγή των καλλιεργειών από τις επιπτώσεις της στην αφομοίωση του άνθρακα και τη μεταφορά ξηρής ουσίας από τα ώριμα φύλλα στα καρποφόρα όργανα (Rajcan *et al.*, 1999; Rajcan

& Tollenaar 1999a,b; Gregersen *et al.*, 2008). Η συμβολή των μεμονωμένων φύλλων για την παραγωγή βιομάζας και απόδοσης σε σπόρο του αραβοσίτου έχει για μεγάλο χρονικό διάστημα απασχολήσει φυσιολόγους και γεωπόνους (Tanaka & Yamaguchi, 1972). Είναι καλά τεκμηριωμένο ότι στους συμβατικούς γενότυπους αραβοσίτου, καθώς και στους φυλλώδεις πράσινους τύπους (Subedi & Ma 2005; He *et al.*, 2003; Pommel *et al.*, 2006) η κύρια πηγή της φωτοσύνθεσης για το γέμισμα του σπόρου προέρχεται ως επί το πλείστον από τα ανώτερα φύλλα και ιδιαίτερα το έλασμα έως και το ωτίδιο (Yan *et al.*, 2011). Είναι επίσης γνωστό ότι, η φωτοσυνθετική λειτουργία των φύλλων μετά από το μετάξωμα είναι ο κύριος και καθοριστικός παράγοντας της απόδοσης των σπόρων αραβοσίτου (Tollenaar & Daynard, 1978; Tollenaar, 1999). Σε μονόσπερμα είδη όπως ο αραβόσιτος, η γήρανση των φύλλων συντονίζεται με την γήρανση ολόκληρου του φυτού και επηρεάζεται από την αναπαραγωγική λειτουργία και το περιβάλλον (Smart, 1994; Combe & Escobar-Gutiérrez, 2009). Η γήρανση των φύλλων αραβοσίτου έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών ερευνών σε όλα τα επίπεδα της καλλιέργειας. Στο επίπεδο μελέτης των φύλλων και των φυτών, η έρευνα για τη γήρανση έχει ως στόχο, για παράδειγμα: (i) να αναλύσει τις επιπτώσεις της στην ποιότητα και την απόδοση των σπόρων και των ζωοτροφών (Ottman & Welch, 1988; Subedi & Ma, 2005a,b; Pommel *et al.*, 2006). (ii) την ανάλυσή της για το ρόλο της γενετικής βελτίωσης στην απόδοση του σπόρου (Valentinuz & Tollenaar, 2004; Ding *et al.*, 2005; Tollenaar & Lee 2006; Echarte *et al.*, 2008) και (iii) να βελτιώσει την ικανότητα πρόβλεψης της απόδοσης με εργαλεία όπως τηλεπισκόπηση (Strachan *et al.*, 2002; Viña *et al.*, 2004) και μοντελοποίηση των καλλιεργειών (Birch *et al.*, 1998; Birch *et al.*, 2003; Heng *et al.*, 2009; Hsiao *et al.*, 2009; Steduto *et al.*, 2009).

### 1.3.3. Καλλιεργητικές τεχνικές

Η καλλιέργεια του αραβοσίτου χαρακτηρίζεται ως αρδευόμενη και η κύρια παραγωγός χώρα παγκοσμίως θεωρούνται οι Η.Π.Α (Dioudis *et al.*, 2009), καθώς αποτελεί ένα από τα κυριότερα φυτά για την παραγωγή βιοαιθανόλης, που αντιπροσωπεύει το 31% της παγκόσμιας παραγωγής δημητριακών (Filintas *et al.*, 2008). Ο αραβόσιτος είναι πολύ ευπροσάρμοστο φυτό που αναπτύσσεται σε πολλά είδη εδαφών, ανεξάρτητα από το υψόμετρο και τη γονιμότητα των εδαφών και έτσι εξηγείται και η παγκόσμια προσαρμοστικότητα του και ο μεγάλος αριθμός ποικιλιών (UNDP, 2010).

Η καλλιέργεια είναι πολύ απαιτητική σε νερό και η έλλειψή του περιορίζει σημαντικά την απόδοσή της. Το καλαμπόκι, για να συνθέσει 1 kg ξηράς ουσίας χρειάζεται 350 – 400 kg νερού. Έτσι οι ανάγκες της καλλιέργειας ανέρχονται 500-600 χιλιοστά βροχής κατά την καλλιεργητική περίοδο. Η ετήσια βροχόπτωση στην Ελλάδα είναι περίπου 250-300 χιλιοστά βροχής που σημαίνει πως η άλλη μισή ποσότητα των 250-300 χιλιοστών θα πρέπει να συμπληρωθεί με τις απαραίτητες αρδεύσεις. Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται τόσο η άρδευση με καταιονισμό, όσο και η άρδευση με αυλάκια, άλλα μερικές φορές και η άρδευση με σταγόνες. Οι μέθοδοι άρδευσης με σταγόνες και αυλάκια πλεονεκτούν από την άποψη ότι γίνεται καλύτερη οικονομία στο νερό, αλλά ο καταιονισμός φαίνεται ότι απαιτεί λιγότερο εργατικό κόστος και είναι ο επικρατέστερος (Cereal Institute, 2004; Farohunda & Hossain, 1990).

Το άζωτο είναι το πιο σημαντικό στοιχείο που απαιτείται για την αύξηση και την ανάπτυξη των φυτών. Είναι ένα βασικό συστατικό σε πολλές βιολογικές ενώσεις που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη φωτοσυνθετική δραστηριότητα και ικανότητα απόδοσης των καλλιεργειών. Μεταβολή στη διαθεσιμότητα του αζώτου μπορεί να επηρεάσει την ανάπτυξη των φυτών και την παραγωγή σπόρων του αραβοσίτου. Η επίδραση της διαθεσιμότητας του αζώτου στην απόδοση του σπόρου του αραβοσίτου μπορεί να εκτιμηθεί από φυσιολογικές συνιστώσες, όπως η χρήση και αποτελεσματική αξιοποίηση της ακτινοβολίας και αποδοτικότητας του αζώτου στα αναπαραγωγικά όργανα. Η λίπανση αζώτου επηρεάζει την παραγωγή ξηρής ουσίας του αραβοσίτου επηρεάζοντας έτσι την ανάπτυξη της φυλλικής επιφάνειας, τη θρέψη και τη φωτοσυνθετική απόδοση αυτής (Kaur *et al.*, 2012).

#### 1.3.4. Η σημασία της καλλιέργειας του αραβοσίτου

Το 65% του παραγόμενου αραβοσίτου χρησιμοποιείται στην κτηνοτροφία, ενώ το 15% χρησιμοποιείται για την παραγωγή τροφής και το υπόλοιπο 20% για βιομηχανικούς σκοπούς.

Θεωρείται μία από τις καλλιέργειες που προκαλούν περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με άλλες, εξ αιτίας των μεγάλων ποσοτήτων εισροών που απαιτούνται (λιπάσματα, φυτοφάρμακα, μεγάλες ποσότητες νερού για άρδευση κ.ά.) και επίσης γιατί αφήνει το έδαφος χωρίς κάλυψη για αρκετό χρονικό διάστημα (Filintas *et al.*, 2008).

Από το 1935 - 1945 οι ΗΠΑ ενεπλάκησαν σε ένα Παγκόσμιο Πόλεμο που αύξησε δραματικά τη ζήτηση των τροφίμων. Ταυτόχρονα, υβρίδιο σπόρου αραβοσίτου παράχθηκε και πουλήθηκε στο εμπόριο και η τεχνολογία Haber-Bosch χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή λιπασμάτων αζώτου για τον αραβόσιτο. Μέχρι το 1950, τα στρέμματα καλαμποκιού μειώθηκαν, αλλά οι αποδόσεις και η συνολική παραγωγή αυξήθηκαν. Εξ αιτίας της "war effort" για να παράγουν αραβόσιτο και, λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων, η παραγωγή καλαμποκιού υπερέβη τη ζήτηση.

Η παραγωγή καλαμποκιού συνέχισε να αυξάνεται μέχρι το 2006. Με την ανάπτυξη της βιομηχανίας αιθανόλης και την αναμενόμενη επέκταση του εν λόγω κλάδου, η ζήτηση για το καλαμπόκι αυξήθηκε. Από το 1950 έως το 2006 ο εφοδιασμός των σπόρων αραβοσίτου ήταν πολύ μεγαλύτερος από τη ζήτηση. Κυβερνητικά προγράμματα πραγματοποιούνται ώστε να δίνουν στους αγρότες τη δυνατότητα να παράγουν μεγάλες ποσότητες σπόρων αραβοσίτου σε χαμηλές τιμές. Οι χαμηλές τιμές του σπόρου του αραβοσίτου οδηγούν σε σίτιση των ζώων και των πουλερικών. Το 2000, το 60% των σπόρων αραβοσίτου που παρήχθησαν ήταν τροφή για τα ζώα και τα πουλερικά. Όμως η ανάπτυξη της βιομηχανίας αιθανόλης καυσίμου έχει αλλάξει τόσο την τιμή του καρπού του αραβοσίτου, όσο και τη χρήση του από τα ζώα και τα πουλερικά. Το 2010 μόνο το 42,9% των σπόρων του αραβοσίτου των ΗΠΑ χρησιμοποιήθηκε ως τροφή για τα ζώα και τα πουλερικά, ενώ 41,8% χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή καυσίμου αιθανόλης, και 11,2% για τα τρόφιμα. Με 318 εκατομμύρια τόνους παραγωγής σε σπόρο αραβοσίτου και σιτηρών και σε ένα πληθυσμό των ΗΠΑ ύψους 312 εκατ., αντιστοιχεί πάνω από ένας τόνος σπόρου αραβοσίτου που παράγεται ανά άτομο ή περίπου 2,8 κιλά για κάθε άτομο καθημερινά.

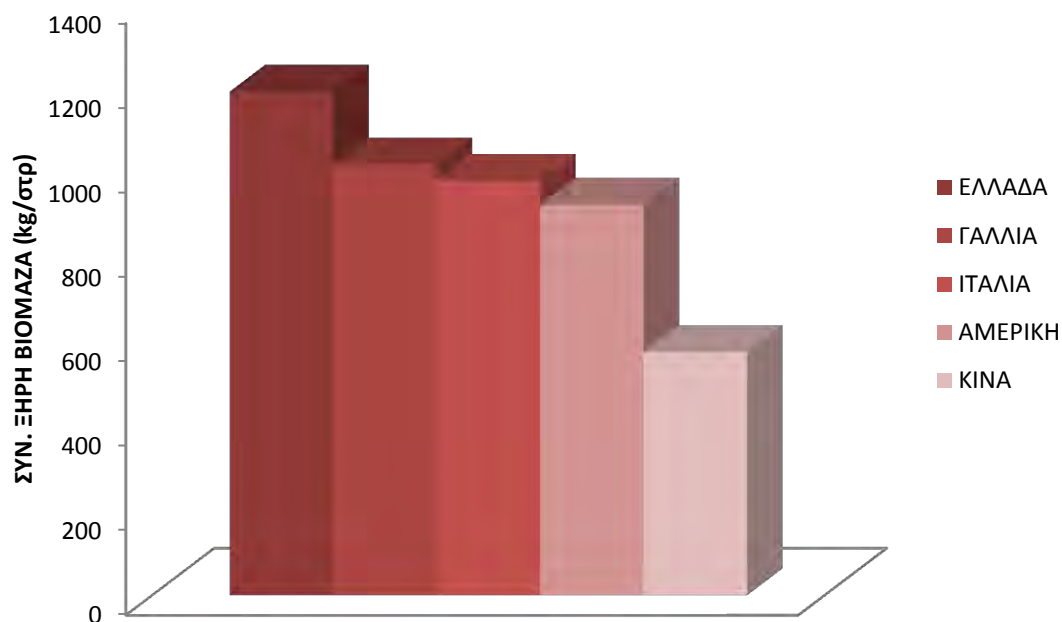


Με σοφή κατανομή, αυτή η παραγωγή σε σπόρο αραβοσίτου θα πρέπει να είναι επαρκής για τα τρόφιμα, τις ζωοτροφές και την παραγωγή αιθανόλης.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι για την παραγωγή καυσίμου αιθανόλης από σπόρο αραβοσίτου (Stock *et al.*, 2000). Η διαδικασία υγρής άλεσης αναπτύχθηκε κυρίως για την παραγωγή αμύλου και γλυκαντικών ουσιών (ζάχαρη καλαμποκιού) για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Η παραγωγή γλυκαντικών ουσιών συνεχίζεται, αλλά ουσιαστικά όλα τα φυτά υγρής άλεσης παράγουν επίσης καύσιμο αιθανόλης. Σε αυτή τη διαδικασία παράγονται επίσης, αραβοσιτέλαιο και άλευρο γλουτένης.

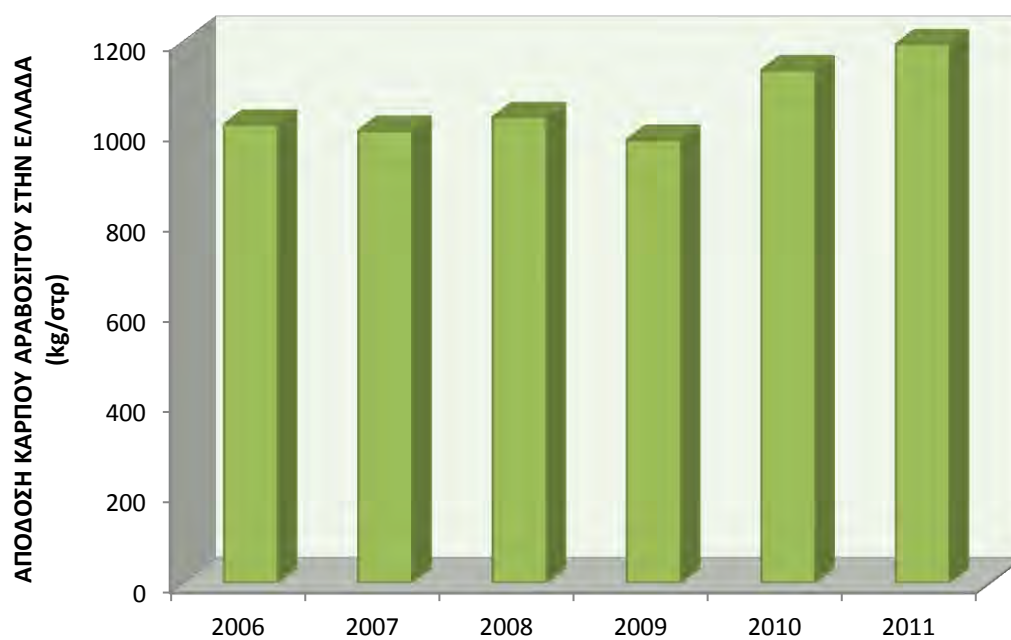
Η βελτιστοποίηση της διαχείρισης των παραγόντων της καλλιέργειας, όπως η ημερομηνία σποράς (Keane, 2002), ο ρυθμός φυτρώματος (Keane *et al.*, 2003), η χρήση πλαστικών κάλυψης (Crowley, 1998; Farrell & Gilliland, 2011) και η ωρίμανση των καλλιεργειών (Phipps & Weller, 1979; Hunt *et al.*, 1989; Little *et al.*, 2008) έχουν βελτιώσει την αξιοπιστία των καλλιεργειών σε κατάλληλες γεωγραφικές θέσεις. Προηγούμενες μελέτες σε περιοχές εκτός των γεωγραφικών ορίων, (Easson & Fearnough, 2000; Bavec & Bavec, 2002; Keane, 2002) εστίαστηκαν κυρίως στις επιπτώσεις των προαναφερθέντων παραγόντων στην απόδοση ολόκληρης της καλλιέργειας, της ποιότητας κατά το χρόνο της συγκομιδής, καθώς και του ποσοστού του καρπού.

Στην Ελλάδα το 2011 σύμφωνα με τον FAO η συνολική καλλιεργήσιμη έκταση με αραβόσιτο ήταν 1.818.000 στρέμματα και η παραγωγή συνολικής ξηρής βιομάζας ήταν 1.190 kg/στρ παρουσιάζοντας έτσι τη μεγαλύτερη παραγωγή έναντι των άλλων χωρών όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1.3.1. Μεγάλη διαφορά παρατηρείται σε σχέση με την Κίνα, η οποία παρουσιάζει παραγωγή συνολικής ξηρής βιομάζας κατά 50% μειωμένη σε σχέση με αυτή της Ελλάδας, 574 kg/στρ.

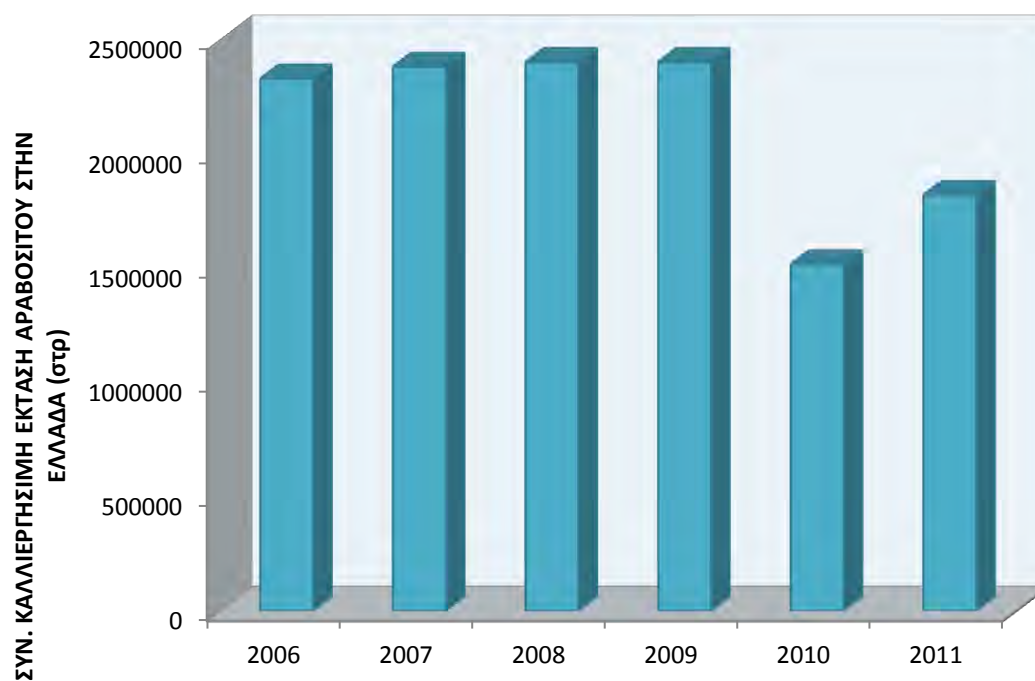


**Διάγραμμα 1.3.1.** Συνολική παραγωγή ξηρής βιομάζας αραβοσίτου (σε kg/στρ) το έτος 2011 στις χώρες, Ελλάδα, Γαλλία, Ιταλία, Αμερική και Κίνα.

Από το 2006 έως και το 2011 η μέση στρεμματική απόδοση του αραβοσίτου στην Ελλάδα παραμένει σταθερή και είναι 1000 kg/στρ (FAOSTAT, 2011), όπως παρουσιάζεται και στο Διάγραμμα 1.3.2. Ενώ είναι φανερό ότι η καλλιεργήσιμη έκταση αραβοσίτου στη χώρα μας παρουσιάζει μείωση (Διάγρ. 1.3.3.)



**Διάγραμμα 1.3.2.** Απόδοση της καλλιέργειας του αραβοσίτου (σε kg/στρ) από το 2006-2011.



**Διάγραμμα 1.3.3.** Συνολική στρεμματική καλλιεργήσιμη έκταση αραβοσίτου στην Ελλάδα από το 2006-2011 (σε στρ).

### 1.3.5. Καλλιέργεια αραβοσίτου με αμεινισπορά

Για την καλλιέργεια εδάφους έγιναν έρευνες σε προηγούμενες δεκαετίες (1970-2000) και παρατηρήθηκε ότι η απόδοση είναι μικρότερη όταν δεν εφαρμόζεται άροση σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα άροσης για τον αραβόσιτο που καλλιεργείται σε καλώς στραγγιζόμενα, και καλής δομής εδάφη (Dick *et al.*, 1991; Vyn & Raimbult, 1993). Ωστόσο, οι επιπτώσεις της άροσης στην απόδοση εξαρτώνται ιδιαίτερα, από τον τύπο του εδάφους, την αποστράγγιση, το κλίμα, το γεωγραφικό πλάτος, και την εναλλαγή των καλλιεργειών (Griffith *et al.*, 1973). Έρευνα στις Ηνωμένες Πολιτείες έχει δείξει ότι η απόδοση του αραβοσίτου που καλλιεργείται πρώιμα, σε εδάφη χωρίς άροση και καλά στραγγιζόμενα, με αμεινισπορά με άλλη καλλιέργεια μπορεί να συγκριθεί με την απόδοση της καλλιέργειας η οποία επιδέχεται όργωμα (Kladivko *et al.*, 1986; Dick *et al.*, 1991; Kapusta *et al.*, 1996; West *et al.*, 1996).

Ο αραβόσιτος που καλλιεργείται σε εναλλαγή με άλλη καλλιέργεια συχνά δίνει μεγαλύτερες αποδόσεις από την μονοκαλλιέργεια αραβοσίτου (Peterson & Varvel, 1989; Al-Kaisi & Yin 2004; Wilhelm & Wortmann, 2004). Τέτοιες βελτιώσεις στην απόδοση έχουν αποδοθεί, στους ευεργετικούς μικροοργανισμούς που βρίσκονται στη ριζόσφαιρα (Turco *et al.*, 1990) στη μείωση των επιβλαβών οργανισμών (Varvel & Peterson, 1990; Katupitiya *et al.*, 1997) και όταν η καλλιέργεια εναλλάσσεται με ένα ψυχανθές όπως σόγια (*Glycine max*) η μεγαλύτερη ανοργανοποίηση αζώτου στο έδαφος και η αύξηση του εδάφους σε ολικό N (Gentry *et al.*, 2001). Το όφελος της απόδοσης του αραβοσίτου σε μια εναλλαγή καλλιεργειών ποικίλλει από το σύστημα καλλιέργειας. Πολυάριθμες μελέτες απέδειξαν μεγαλύτερη βελτίωση της απόδοσης σε ένα σύστημα καλλιέργειας χωρίς άροση σε σχέση με άλλα συστήματα άροσης ως αποτέλεσμα της εναλλαγής των καλλιεργειών (Griffith *et al.*, 1988; Lund *et al.*, 1993). Ωστόσο, μια σειρά από μελέτες έχουν δείξει ότι η αργή πρώιμη ανάπτυξη του αραβοσίτου χωρίς άροση, δεν επηρεάζει κατ'ανάγκη την απόδοση (Cox *et al.*, 1990; Fortin & Pierce, 1990), ιδιαίτερα με την απουσία υδατικού στρες.

#### 1.4. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν α) η διερεύνηση της επίδρασης του ψυχανθούς *Pisum sativum* στην αύξηση και ανάπτυξη των ενεργειακών καλλιεργειών ηλίανθου (*Helianthus annuus* L.) και αραβοσίτου (*Zea mays* L.), σε δύο διαφορετικούς τύπους εδαφών (αμμώδες και αργιλώδες) και σε δύο περιοχές με διαφορετικές κλιματικές συνθήκες και β) η αύξηση και παραγωγικότητα των παραπάνω ενεργειακών καλλιεργειών για τα διαφορετικά επίπεδα αζωτούχου λίπανσης, για μεν τον αραβόσιτο 0, 8, 16, 24 μονάδες αζώτου και για τον ηλίανθο 0, 5, 10, 15 μονάδες αζώτου.

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξε ότι τα δεδομένα που αφορούν παρόμοια συστήματα παραγωγής είναι ανεπαρκή και ότι αυτό ισχύει ιδιαίτερα για την Ελλάδα. Η προσπάθεια ολιστικής οπτικής του συστήματος αμειψισποράς που περιλαμβάνει τη μελέτη των παραμέτρων απόδοσης, αποτελεί στόχο για περεταίρω διερεύνηση.

Η αμειψισπορά αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες της αειφορικής γεωργίας και θεωρείται πλέον επιτακτική ανάγκη.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

---

### 2.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΑΓΡΟΥ

#### 2.1.1. Επιλογή Πειραματικών αγρών

Τα πειράματα διεξήχθησαν σε δύο περιοχές της Ανατολικής και της Δυτικής Θεσσαλίας, αντίστοιχα. Σε κάθε περιοχή εγκαταστάθηκαν δύο όμοιοι πειραματικοί αγροί συνολικής έκτασης ενός στρέμματος. Η επιλογή των πειραματικών αγρών αποτελεί πρωταρχική μέριμνα προ της εγκατάστασης των πειραμάτων αγρού. Στην παρούσα εργασία, βασικά κριτήρια για την επιλογή των πειραματικών αγρών αποτέλεσε η δυνατότητα της καλλιέργειας των τριών υπό μελέτη καλλιεργειών σε συνδυασμό με τη δυνατότητα κάλυψης των αρδευτικών αναγκών τους, η προηγούμενη χρήση των αγρών και οι φυσικοχημικές ιδιότητες των εδαφών. Η επιλογή ενός γόνιμου (αργιλώδους συστάσεως) και ενός λιγότερου γόνιμου (αμμο-αργιλώδους συστάσεως) εδάφους αφορά στη δυνατότητα μεγαλύτερης γενίκευσης των συμπερασμάτων της έρευνας σε μεγαλύτερο τμήμα της Θεσσαλικής πεδιάδας.

Ο πρώτος πειραματικός αγρός βρίσκεται στο Δήμο Τρικκαίων, στην περιοχή Καρυές, νότια της πόλης των Τρικάλων, κοντά στον Ληθαίο ποταμό, με συντεταγμένες 39°32'16.85"N, 21°46'19.33"E και υψόμετρο 120 μ. Χαρακτηρίζεται από έδαφος σχετικά νεαρής ηλικίας και κατατάσσεται στην τάξη των Entisols (Aquic Xerofluvents; Soil Survey Staff, 1975).

Ο δεύτερος πειραματικός αγρός βρίσκεται νότια της πόλης της Λάρισας στο Δήμο Αρμενίου με συντεταγμένες 39°30'02.85"N, 22°42'50.37"E σε υψόμετρο 60 μ. Χαρακτηρίζεται από γόνιμο αργιλώδες έδαφος και κατατάσσεται στην κατηγορία των Vertisols (Soil Survey Staff, 1975) και αντιπροσωπεύει μεγάλες εκτάσεις του Θεσσαλικού πεδίου. Στον Πιν. 2.1.1. συνοψίζονται οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των μελετώμενων εδαφών.

**Πίνακας 2.1.1.** Φυσικές και χημικές ιδιότητες των υπό μελέτη εδαφών στους πειραματικούς αγρούς.

Ιδιότητα	Τρίκαλα		Λάρισα	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Άμμος (%)	60	65	2	2
Λύς (%)	18	16	35	32
Αργίλος (%)	22	19	63	66
Χαρακτηρισμός	SCL	SC	C	C
Εδαφ. οξύτητα (pH)	7,2	7,6	8,0	8,6
Ηλ. αγωγιμότητα ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	219	202	458	427
Ολικό N (%)	0,08	0,07	0,09	0,08
Οργανική ουσία (%)	1,3	1,2	1,5	1,3
Διαθέσιμο P ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	16	9	18	12
Διαθέσιμο K ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	203	177	364	257
Ολικό $\text{CaCO}_3$ (%)	4.90	1.60	34.90	30.70

## 2.2 Πειραματικό σχέδιο

Ο κάθε πειραματικός αγρός αφορούσε στην εγκατάσταση δύο πειραματικών επιφανειών. Το πειραματικό σχέδιο ήταν τυχαιοποιημένες ομάδες τεμαχίων, με κύρια τεμάχια και υποτεμάχια σε τρεις επαναλήψεις. Κύρια τεμάχια αποτελούσαν τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης και υποτεμάχια οι διαφορετικές μεταχειρίσεις της καλλιέργειας του ψυχανθούς.

Αφού επιλέχθηκαν οι δύο πειραματικές περιοχές και η σταθερή οριοθέτηση των αγρών, έγινε η μορφοποίηση των 2 πειραμάτων για κάθε περιοχή. Το πρώτο πείραμα αφορά στην αμειψισπορά μπιζελιού με ηλίανθο και το δεύτερο, στην αμειψισπορά μπιζελιού με αραβόσιτο και για τους δύο πειραματικούς αγρούς-τοποθεσίες.

Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε είναι το Σχέδιο Υποδιαιρεμένων Τεμαχίων (split-plot design)  $4 \times 3 \times 3$ , όπου στα κύρια τεμάχια εφαρμόζονται τέσσερα επίπεδα αζωτούχου λίπανσης και στα τρία υποτεμάχια του κάθε επιπέδου αζωτούχου λίπανσης εφαρμόζονται τρεις διαφορετικές καλλιεργητικές πρακτικές ως προς το ψυχανθές, πάντα σε τρεις επαναλήψεις.

Κάθε κύριο τεμάχιο περιλαμβάνει όλα τα υποτεμάχια του δεύτερου παράγοντα. Αρχικά έγινε τυχαιοποίηση του κύριου παράγοντα – επίπεδα αζωτούχου λίπανσης, στην κάθε επανάληψη και στη συνέχεια έγινε τυχαιοποίηση για τις τρεις μεταχειρίσεις του ψυχανθούς σε κάθε επίπεδο του κύριου παράγοντα. Η ανάλυση παραλλακτικότητας έγινε χωριστά για το κάθε πείραμα.

Ο πειραματικός αγρός για κάθε ενεργειακό φυτό, καταλαμβάνει έκταση 11,25 m πλάτους και 75 m μήκους συμπεριλαμβανομένων και δυο διαδρόμων πλάτους 1,5 m έκαστος. Διαιρέθηκε σε τρεις επαναλήψεις συγκροτημάτων (blocks) πλάτους 11,25 m και μήκους 24 m για κάθε μία χωριστά. Κάθε επανάληψη υποδιαιρέθηκε σε τέσσερα ίσα κύρια τεμάχια (plots), πλάτους 11,25 m και μήκους 6 m, στα οποία τυχαιοποιήθηκε η προκαθορισμένη ποσότητα αζωτούχου λίπανσης. Κατόπιν κάθε κύριο τεμάχιο υποδιαιρέθηκε σε τρία ίσα υποτεμάχια (subplots), πλάτους 3,75 m και μήκους 6 m, το καθένα. Με ανεξάρτητη τυχαιοποίηση στο καθένα από τα υποτεμάχια καθορίστηκε και η θέση στο πειραματικό σχέδιο της μεταχείρισης του ψυχανθούς.

Για τον ηλίανθο και τον αραβόσιτο εφαρμόστηκαν 4 διαφορετικοί χειρισμοί επιπέδων αζωτούχου λίπανσης με βασική λίπανση (αμιγή λιπάσματα 0-50-0 + 0-0-50 για τον ηλίανθο και μικτό 11-15-15 για τον αραβόσιτο) για την κάλυψη των αναγκών της πρώτης ανάπτυξης των φυτών, και με επιφανειακή λίπανση (με νιτρική αμμωνία : 34,5-0-0) στο στάδιο ανάπτυξης των 60-80 cm σε ύψος.

### **Ηλίανθος**

M: Μάρτυρας

- Μεταχείριση  $M_0$ : 0 μονάδες N
- Μεταχείριση  $M_1$ : 5 μονάδες N
- Μεταχείριση  $M_2$ : 10 μονάδες N (εκ των οποίων 5 μον. ως επιφανειακή)
- Μεταχείριση  $M_3$ : 15 μονάδες N N (εκ των οποίων 5 μον. ως επιφανειακή)

E: Ενσωμάτωση

- Μεταχείριση  $E_0$ : 0 μονάδες N
- Μεταχείριση  $E_1$ : 5 μονάδες N
- Μεταχείριση  $E_2$ : 10 μονάδες N (εκ των οποίων 5 μον. ως επιφανειακή)
- Μεταχείριση  $E_3$ : 15 μονάδες N (εκ των οποίων 10 μον. ως επιφανειακή)



K: Καρπός (ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του ψυχανθούς)

- Μεταχείριση K<sub>0</sub>: 0 μονάδες N
- Μεταχείριση K<sub>1</sub>: 5 μονάδες N
- Μεταχείριση K<sub>2</sub>: 10 μονάδες N (εκ των οποίων 5 μον. ως επιφανειακή)
- Μεταχείριση K<sub>3</sub>: 15 μονάδες N (εκ των οποίων 10 μον. ως επιφανειακή)

### Αραβόσιτος

- M: Μάρτυρας
- Μεταχείριση M<sub>0</sub>: 0 μονάδες N
- Μεταχείριση M<sub>1</sub>: 8 μονάδες N
- Μεταχείριση M<sub>2</sub>: 16 μονάδες N (εκ των οποίων 8 μον. ως επιφανειακή)
- Μεταχείριση M<sub>3</sub>: 24 μονάδες N (εκ των οποίων 16 μον. ως επιφανειακή)
  
- E: Ενσωμάτωση
- Μεταχείριση E<sub>0</sub>: 0 μονάδες N
- Μεταχείριση E<sub>1</sub>: 8 μονάδες N
- Μεταχείριση E<sub>2</sub>: 16 μονάδες N (εκ των οποίων 8 μον. ως επιφανειακή)
- Μεταχείριση E<sub>3</sub>: 24 μονάδες N (εκ των οποίων 16 μον. ως επιφανειακή)

K: Καρπός (ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του ψυχανθούς)

- Μεταχείριση K<sub>0</sub>: 0 μονάδες N
- Μεταχείριση K<sub>1</sub>: 8 μονάδες N
- Μεταχείριση K<sub>2</sub>: 16 μονάδες N (εκ των οποίων 8 μον. ως επιφανειακή)
- Μεταχείριση K<sub>3</sub>: 24 μονάδες N (εκ των οποίων 16 μον. ως επιφανειακή)

Κάθε κύριο τεμάχιο διαιρείται σε 3 υποτεμάχια (subplots), που αντιστοιχούν στις διαφορετικές μεταχειρίσεις του ψυχανθούς:

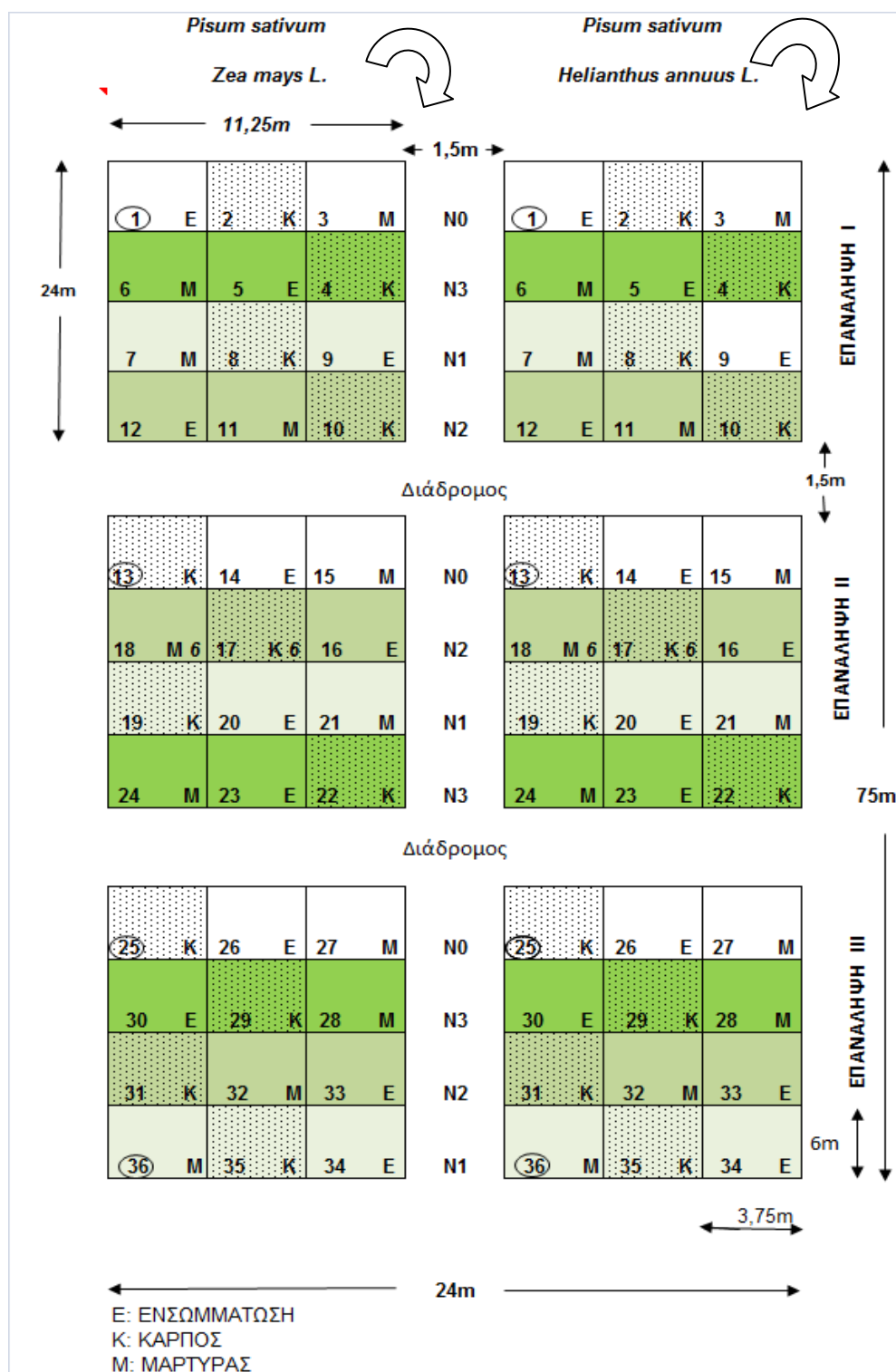
α. μάρτυρας (M) – δεν έγινε εγκατάσταση ψυχανθούς,

β. ενσωμάτωση (Ε) – ενσωματώθηκε ως χλωρή λίπανση στο στάδιο του 50% της ανθοφορίας του μπιζελιού, και

γ. (Κ) ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου του μπιζελιού και παραγωγή καρπού και για τις δύο πειραματικές επιφάνειες και για τις δύο περιοχές. Τα τεμάχια σε κάθε κύριο τεμάχιο και υποτεμάχιο κατανέμονται τυχαία.

Ο πειραματικός χρόνος ολοκληρώθηκε στα 3 έτη.

Στο Σχήμα 2.1.1. παρουσιάζεται το πειραματικό σχέδιο και στις δύο περιοχές μελέτης.



**Σχήμα 2.1.1.** Πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε για τη μελέτη της επίδρασης της αμεινισποράς και της χλωρής λίπανσης στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών αραβοσίτου και ηλίανθου στις αγροτικές περιοχές Λάρισας και Τρικάλων.

## 2.3. Πειραματικές εργασίες υπαίθρου

### 2.3.1 Προετοιμασία αγρών

Οι πειραματικοί αγροί οριοθετήθηκαν με σταθερά σημεία τόσο στην εξωτερική περίμετρο όσο και στα υποτεμάχια της κάθε επανάληψης, έτσι ώστε να παραμείνουν σταθερές οι μεταχειρίσεις με τα διαφορετικά επίπεδα λίπανσης για να μην προκληθεί αλλοίωση των αποτελεσμάτων. Πριν από τη σπορά, το φθινόπωρο πραγματοποιήθηκαν οι βασικές καλλιεργητικές φροντίδες, όπως όργωμα και ψιλοχωμάτισμα του επιφανειακού στρώματος του εδάφους, σύμφωνα με την κρατούσα καλλιεργητική πρακτική. Το όργωμα, βάθους 30 cm με υνιοφόρο άροτρο, πραγματοποιήθηκε μετά τις πρώτες φθινοπωρινές βροχές, όταν το έδαφος βρισκόταν στην υδατοϊκανότητά του (ρόγο) και ακολούθησε σβάρνισμα για να σχηματιστεί κατάλληλη σποροκλίνη για την τοποθέτηση του σπόρου του μπιζελιού, και τέλος το ψιλοχωμάτισμα με περιστροφικό καλλιεργητή. Οι κατεργασίες έγιναν με τέτοιο τρόπο ώστε το έδαφος των πειραματικών αγρών να είναι κοκκοποιημένο, συμπαγές και με ικανοποιητική υγρασία.

Για τις εαρινές καλλιέργειες, μετά τη συγκομιδή των τεμαχίων για καρπό μπιζελιού, ακολούθησε όργωμα και καλλιεργητής για να παραχθούν και να κατανεμηθούν ομοιόμορφα τα υπολείμματα της προηγούμενης καλλιέργειας και στη συνέχεια έγινε κατεργασία με περιστροφικό καλλιεργητή για τη δημιουργία κατάλληλης σποροκλίνης.

Το πειραματικό υποτεμάχιο (subplot) περιελάμβανε για τα φυτά αραβοσίτου και ηλιάνθου 6 γραμμές μήκους 6 m και αποστάσεις φύτευσης 18 cm επί της γραμμής και 75 cm μεταξύ των γραμμών. Για το μπιζέλι, οι αποστάσεις φύτευσης ήταν 20 x 10 cm, με 50 φυτά στο m<sup>2</sup> σύμφωνα με τις προτεινόμενες αποστάσεις σποράς του Ινστιτούτου Κτηνοτροφικών Φυτών και Βοσκών στη Λάρισα. Η σπορά έγινε με σπαρτική μηχανή σιτηρών, ρυθμίζοντας τους δίσκους σποράς ανάλογα με το φυτικό είδος.

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου και σε κάθε πειραματική τοποθεσία καταγράφθηκαν τα αγρονομικά χαρακτηριστικά των φυτειών με δειγματοληπτικές κοπές ανά τακτά χρονικά διαστήματα έως την τελική συγκομιδή.

Οι δειγματοληψίες και συγκομιδές έγιναν στις δύο κεντρικές σειρές –προς αποφυγή της επίδρασης του περιθωρίου, side effect- των πειραματικών τεμαχίων με χειροσυλλογή.

Πριν την έναρξη των εργασιών στον αγρό, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος της βλαστικής ικανότητας στο Βλαστητήριο του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών όπου βρέθηκε βλαστική ικανότητα 95 - 99% και για τα τρία υπό μελέτη φυτά.

### **2.3.2. Εγκατάσταση καλλιεργειών – Καλλιεργητικές φροντίδες**

#### **2.3.2.1. Λίπανση**

Για τον αραβόσιτο εφαρμόστηκε βασική λίπανση, γραμμικά, δίπλα στις γραμμές σποράς σε όλα τα πειραματικά τεμάχια (plots) εκτός του μάρτυρα σε ποσότητες των 181,75 g ανά πειραματικό τεμάχιο. Στο στάδιο ανάπτυξης και συγκεκριμένα του μεταξώματος, όταν τα φυτά απέκτησαν ύψος περί τα 60-80 cm εφαρμόστηκε και επιφανειακή λίπανση με νιτρική αμμωνία (34,5-0-0) στα υποτεμάχια K10, M11, E12, E16, K17, M18, K31, M32, E33 σε ποσότητα 58 g στο καθένα και στα υποτεμάχια K4, E5, M6, K22, E23, M24, E34, K35, M36 σε ποσότητα 116 g (κύρια τεμάχια (plots)).

Αποτελέσματα ερευνητών καταγράφουν την άμεση σχέση μεταξύ του ρυθμού αζωτούχου λίπανσης και της αύξησης και παραγωγής σπόρου του αραβοσίτου, καθώς και την ανταπόκριση διαφόρων υβριδίων στη διαθεσιμότητα του N, ώστε να απορροφούν εδαφικό N ή εφαρμοζόμενο οργανικό ή χημικό λίπασμα (Zhang *et al.*, 1993, Jokela & Randall 1989, McCullough *et al.*, 1994, Perez & Long 1994).

Για τον ηλιάνθο, στο ίδιο στάδιο ανάπτυξης εφαρμόστηκε επιφανειακή λίπανση με νιτρική αμμωνία ως εξής: στα υποτεμάχια M7, K8, E9, K19, E20, M21, E34, K35, M36 36,25 g, στα υποτεμάχια K10, M11, E12, E16, K17, M18, K31, M32, E33 72,5.

#### **2.3.2.2. Σπορά**

Η ελάχιστη θερμοκρασία βλάστησης των σπόρων του μπιζελιού είναι 5.5-6°C, ενώ τα νεαρά φυτά αντέχουν σε ψύχος μέχρι 0°C, που σημαίνει ότι η καλλιέργεια μπορεί να αυξήσει τη βιομάζα της κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η βασική θερμοκρασία (Threshold ή base temperature) κυμαίνεται από 0 έως 6°C (Olivier & Annandale, 1998). Η προτεινόμενη ημερομηνία σποράς για τα

Θεσσαλικά δεδομένα είναι αρχές έως μέσα Νοεμβρίου, έτσι ώστε περί τις αρχές της άνοιξης τα φυτά να βρίσκονται στο φαινολογικό στάδιο της ανθοφορίας, όπου και παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άζωτο, για την ενσωμάτωσή τους ως χλωρή λίπανση. Η σπορά γίνεται σε βάθος 3 cm ώστε να εξασφαλίζονται οι απαραίτητες συνθήκες υγρασίας για το φύτευμα των σπόρων. Χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία ‘carouby’ 02701AA σε ποσότητα 13 kg σπόρου ανά στρέμμα και βάρος χιλίων κόκκων (B.X.K.) 202 g.

Για τον ηλίανθο η προτεινόμενη εποχή σποράς οριοθετείται από τις αρχές Μαρτίου, εφόσον η θερμοκρασία έχει σταθεροποιηθεί σε επίπεδα πάνω από τη βασική θερμοκρασία των 5-8°C και η βλάστηση των σπόρων είναι ταχύτερη σε θερμοκρασίες αέρος 15°C. Στο υπό μελέτη σύστημα αμειψισποράς, ο χρόνος καθορίστηκε από το χρόνο συγκομιδής του μπιζελιού (τέλος Μαΐου) και μετατέθηκε στα μέσα Ιουνίου. Λόγω του σχετικά μικρού βιολογικού του κύκλου και της όψιμης σποράς, η συγκομιδή του πραγματοποιήθηκε περί τα τέλη Σεπτεμβρίου. Μελετήθηκε το υβρίδιο ‘Panter’ σε ποσότητα σπόρου σποράς 0,56 kg ανά στρέμμα, πληθυσμό φυτών περί τα 7 φυτά/m<sup>2</sup> και B.X.K.=82,5 g. Η όψιμη εποχή σποράς (σχετικά υψηλές θερμοκρασίες) καθόρισε και το βάθος σποράς στα 3,0-3,5 cm. Μεγαλύτερο βάθος σποράς αυξάνει το χρόνο σποράς – φυτρώματος.

Πολλοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να προσδιορίσουν την επίδραση των αγρονομικών χαρακτηριστικών των σπόρων στις τελικές αποδόσεις σε σπόρο και έλαιο. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να έχουν διαφορετική επίδραση στις αποδόσεις της καλλιέργειας, ανάλογης της εποχής σποράς. Η θερμοκρασία και η φωτοπερίοδος έχει βρεθεί ότι επηρεάζουν και το ολικό ξηρό βάρος των φυτών (Villalobos *et al.*, 1996).

Για τον αραβόσιτο χρησιμοποιήθηκε το αμυλούχο υβρίδιο 36K67 μικρού βιολογικού κύκλου (105 ημερών, FAO 430) και βάρος χιλίων κόκκων (B.X.K.) 287g.

Η σπορά και για τις τρεις καλλιέργειες έγινε με σπαρτική μηχανή πνευματικού τύπου ρυθμίζοντας κάθε φορά τους δίσκους ανάλογα με την καλλιέργεια.

**Πίνακας 2.1.2.** Ημερομηνίες σποράς, φυτρώματος, λιπάνσεων, άνθισης και συγκομιδής για τον αραβόσιτο και τον ηλίανθο στις δύο υπό μελέτη περιοχές.

<b><u>ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ</u></b>				
	<b>ΛΑΡΙΣΑ</b>		<b>ΤΡΙΚΑΛΑ</b>	
	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Σπορά	9/06	13/06	19/06	15/06
Φύτρωμα	14/06	19/06	25/06	21/06
Βασική λίπανση	15/06	15/06	20/06	16/06
Επιφ. λίπανση	24/07	27/07	25/07	06/08
Άνθιση 50%	10/08	11/08	19/08	12/08
Συγκομιδή	2/10	1/10	3/10	1/10

<b><u>ΗΛΙΑΝΘΟΣ</u></b>				
	<b>ΛΑΡΙΣΑ</b>		<b>ΤΡΙΚΑΛΑ</b>	
	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Σπορά	09/06	13/06	10/06	15/06
Φύτρωμα	16/06	20/06	17/06	22/06
Βασική λίπανση	10/06	14/06	19/06	16/06
Επιφ. λίπανση	24/07	30/06	25/07	6/08
Άνθιση 50%	10/08	17/08	10/08	12/08
Συγκομιδή	05/10	01/10	01/10	01/10

### 2.3.2.3. Έλεγχος ζιζανίων

Η καταπολέμηση της αυτοφυούς βλάστησης θεωρείται απαραίτητη για την ελαχιστοποίηση της επίδρασής της τόσο στον ανταγωνισμό με τα καλλιεργούμενα φυτά, όσο και στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους. Έτσι, με την έναρξη της καλλιέργειας, βασική εργασία αποτελεί ο έλεγχος του πληθυσμού της. Στους πειραματικούς αγρούς, ο έλεγχος ζιζανίων για τις εαρινές καλλιέργειες έγινε με 2 σκαλίσματα και βοτανίσματα στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των φυτών (το 1<sup>ο</sup> περί τα τέλη Ιουνίου και το 2<sup>ο</sup> περί τα μέσα Ιουλίου). Στην καλλιέργεια μπιζελιού πραγματοποιήθηκε μετά τη σπορά εφαρμογή ζιζανιοκτόνου προμετρίνης σε αναλογία 1 kg prometryne ανά 3,5 στρέμματα (100 g ανά 40 kg νερού).

#### 2.3.2.4. Καταπολέμηση εντόμων

Πραγματοποιήθηκε μόνον στον αραβόσιτο αμέσως αφού παρατηρήθηκε έναρξη προσβολής από *Sesamia* και στις δύο πειραματικές περιοχές, περί τα μέσα Αυγούστου χρησιμοποιώντας το χημικό σκεύασμα Decis (πυρεθρινοειδές εντομοκτόνο) σε αναλογία 60 cm<sup>3</sup> στα 100 lt νερού σε συνδυασμό με το εντομοκτόνο Steward (indoxarb).

**Πίνακας 2.1.3.** Ημερομηνίες και ποσότητες άρδευσης (mm) για τον ηλίανθο και τον αραβόσιτο στις δύο υπό μελέτη περιοχές, το 2008 και 2009.

ΛΑΡΙΣΑ			
2008	mm	2009	mm
10/06	50	21/06	50
17/06	50	15/07	80
24/06	50	05/08	100
01/07	50	17/08	100
08/07	50	30/08	100
15/07	80	05/09	50
25/07	50		
02/08	50		
10/08	20		
17/08	30		
ΤΡΙΚΑΛΑ			
2008	mm	2009	mm
28/06	50	20/06	50
10/07	50	25/06	50
23/07	100	10/07	100
13/08	130	09/08	130
07/09	120	21/08	120

#### 2.3.2.5. Άρδευση

Η άρδευση έγινε με καταιονισμό και στις δυο περιοχές. Στη Λάρισα η παροχή νερού ήταν 25 m<sup>3</sup>/h και πραγματοποιήθηκαν 10 αρδεύσεις με συνολική κατανάλωση νερού 480 mm. Στα Τρίκαλα η παροχή νερού ήταν επίσης 25 m<sup>3</sup>/h και πραγματοποιήθηκαν 5 αρδεύσεις με συνολική κατανάλωση νερού 450 mm (Πιν. 2.1.3.).

Στο μπιζέλι πραγματοποιήθηκε μια άρδευση με 62 mm στις αρχές Απριλίου με την έναρξη της ανθοφορίας και στα τα τρία πειραματικά έτη.



#### **2.3.2.6. Ενσωμάτωση χλωρής βιομάζας**

Στα πειραματικά τεμάχια της ενσωμάτωσης (Ε) του μπιζελιού στην περίοδο του 50% της άνθησης, περί τα μέσα με τέλη Απριλίου έγινε ενσωμάτωση της χλωρής βιομάζας με αναστροφή (με χειροκίνητο χλοοκοπτικό μηχάνημα). Σημειωτέον ότι το μέγιστο της συγκέντρωσης ολικού Ν στους ιστούς των ψυχανθών παρατηρείται την περίοδο της άνθησης (από την έναρξη έως το ζενίθ της) με ρυθμούς αζωτοδέσμευσης  $2,5 \text{ kg N ha}^{-1}$  την ημέρα (Kumar & Goh, 2000).

#### **2.3.2.7. Συγκομιδή**

Για το μπιζέλι το στάδιο της πλήρους ωρίμανσης καθορίζεται από το χαρακτηριστικό χρώμα που παίρνουν οι λοβοί. Όταν το 75% φτάνει στο στάδιο της ωρίμανσης ξεκινά η συγκομιδή.

Για τον ηλίανθο ανάλογα, ο μεταχρωματισμός της πίσω επιφάνειας της κεφαλής από πρασινο-κίτρινο σε καστανο-κίτρινο είναι ένδειξη της έναρξης συγκομιδής. Η υγρασία του σπόρου κατά τον αλωνισμό κυμαίνεται περί το 15-20%.

Τέλος, για τον αραβόσιτο, η υγρασία του σπόρου κατά τον αλωνισμό κυμαίνεται στο 20-30%.

Η συγκομιδή στους πειραματικούς αγρούς έγινε χειρωνακτικά.

## 2.4. Μετρήσεις

### 2.4.1. Μετρήσεις αύξησης - ανάπτυξης

Σε κάθε περιοχή, κάθε έτος για κάθε φυτό έγιναν πέντε δειγματοληψίες φυτών για ανάλυση της αύξησης και ανάπτυξης τους από τις αρχές Ιουλίου μέχρι και τις αρχές Οκτωβρίου, ανά 15 με 20 ημέρες (Πίνακες 2.1.4., 2.1.5.). Κάθε δειγματοληψία περιελάμβανε την κοπή 2 τρεχόντων μέτρων από τις κεντρικές γραμμές των υποτεμαχίων. Αρχικά γινόταν καταγραφή του χλωρού βάρους όλων των φυτών, στο χωράφι. Στη συνέχεια επιλέγονταν τέσσερα αντιπροσωπευτικά φυτά από κάθε τεμάχιο (υπόδειγμα) και μεταφέρονταν στο Εργαστήριο, για την καταγραφή των μορφολογικών και λοιπών χαρακτηριστικών τους, όπως το ύψος των φυτών, το ξηρό βάρος των φύλλων, στελεχών, καρποφόρων οργάνων (βλαστικά, αναπαραγωγικά όργανα), η τελική ξηρή υπέργεια βιομάζα ενώ στην τελευταία κοπή καταγράφηκαν ο αριθμός των σπόρων ανά σπάδικα και κεφαλή, το βάρος των σπερμάτων, το υπόλειμμα του καρποφόρου οργάνου, η διάμετρος της κεφαλής, και το μήκος του σπάδικα. Η ξήρανση των δειγμάτων γινόταν σε ξηραντήριο σε θερμοκρασία 80°C. Η ξήρανση θεωρείτο περατωμένη όταν δεν μεταβαλλόταν το βάρος των δειγμάτων από την προηγούμενη μέτρηση μετά την παρέλευση μιας ημέρας.

Επίσης προσδιοριζόταν ο δείκτης φυλλικής επιφάνειας κάθε πειραματικού τεμαχίου με μέτρηση της επιφάνειας φύλλων του υποδείγματος. Η αναγωγή της φυλλικής στο 1m<sup>2</sup> γινόταν μέσω του καταγεγραμμένου βάρους των φύλλων των τεσσάρων δύο φυτών και της συνολικής ποσότητας του δείγματος.

Το βάρος της παραγόμενης βιομάζας αποτελεί άμεσο δείκτη για τον υπολογισμό της απόδοσης της καλλιέργειας. Η απόδοση (yield) είναι η κορύφωση των διαδοχικών σταδίων ανάπτυξης του φυτού, τα οποία ελέγχονται από γενετικούς, κλιματικούς και εδαφολογικούς παράγοντες, αλλά και βιοτικούς όπως ασθένειες και έντομα (Good & Bell 1980 Thompson & Taylor 1982).

Η σταθερότητα της παραγωγής αποτελεί σημαντικό παράγοντα, όσο και η απόδοση και είναι δύσκολο να επιτευχθεί γιατί εξαρτάται από πολλούς γενετικούς παράγοντες.

**Πίνακας 2.1.4.** Ημερομηνίες δειγματοληψίας ηλίανθου (J.D.=Ιουλιανές ημέρες, G.D.D= βαθμο-ημέρες – °C-d, D.A.E (ΗΜΦ)=ημέρες μετά το φύτευμα) για τις δύο περιοχές μελέτης.

ΗΛΙΑΝΘΟΣ				
	ΛΑΡΙΣΑ		ΓΡΙΚΑΛΛΑ	
	2008	2009	2008	2009
1 <sup>η</sup> Δειγματοληψία				
	16/7/2008	12/7/2009	17/7/2008	14/7/2009
J.D.	199	193	200	195
GDD	711	448	716	481
DAE	33	23	31	23
2 <sup>η</sup> Δειγματοληψία				
	28/7/2008	27/7/2009	31/7/2008	28/7/2009
J.D.	209	208	214	209
GDD	914	774	1008	811
DAE	43	38	45	37
3 <sup>η</sup> Δειγματοληψία				
	13/8/2008	25/8/2009	15/8/2008	24/8/2009
J.D.	225	237	229	236
GDD	1237	1355	1334	1398
DAE	59	67	60	64
4 <sup>η</sup> Δειγματοληψία				
	5/9/2008	8/9/2009	1/9/2008	6/9/2009
J.D.	248	251	246	249
GDD	1703	1622	1707	1661
DAE	82	81	77	77
5 <sup>η</sup> Δειγματοληψία				
	5/10/2008	1/10/2009	1/10/2008	24/9/2009
J.D.	278	274	276	267
GDD	2152	1967	2167	1965
DAE	112	104	107	95

**Πίνακας 2.1.5.** Ημερομηνίες δειγματοληψίας αραβοσίτου (J.D.=Ιουλιανές ημέρες, G.D.D ( $^{\circ}\text{C-d}$ )=βαθμο-ημέρες, D.A.E (ΗΜΦ)= ημέρες μετά το φύτευμα) για τις δύο περιοχές.

	ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ			
	ΛΑΡΙΣΑ		ΤΡΙΚΑΛΑ	
	2008	2009	2008	2009
1 <sup>η</sup> Δειγματοληψία				
	15/7/2008	12/7/2009	16/7/2008	14/7/2009
J.D.	196	193	199	195
GDD( $^{\circ}\text{C-d}$ )	542	346	398	376
DAE	33	23	22	24
2 <sup>η</sup> Δειγματοληψία				
	29/7/2008	27/7/2009	30/7/2008	28/7/2009
J.D.	210	208	213	209
GDD( $^{\circ}\text{C-d}$ )	758	598	619	636
DAE	47	38	36	38
3 <sup>η</sup> Δειγματοληψία				
	13/8/2008	10/8/2009	12/8/2008	11/8/2009
J.D.	225	222	226	223
GDD( $^{\circ}\text{C-d}$ )	985	817	833	869
DAE	62	52	49	52
4 <sup>η</sup> Δειγματοληψία				
	5/9/2008	6/9/2009	6/9/2008	7/9/2009
J.D.	248	249	251	250
GDD( $^{\circ}\text{C-d}$ )	1336	1211	1249	1296
DAE	85	79	74	79
5 <sup>η</sup> Δειγματοληψία				
	2/10/2008	1/10/2009	3/10/2008	1/10/2009
J.D.	275	274	278	274
GDD( $^{\circ}\text{C-d}$ )	1612	1461	1498	1582
DAE	112	104	101	103

## 2.5. Μετεωρολογικά δεδομένα και στατιστική ανάλυση

Τα μετεωρολογικά δεδομένα για το Σωτήριο Λάρισας προέρχονται από αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργίας και Εφαρμοσμένης Φυσιολογίας Φυτών που εγκαταστάθηκε στον πειραματικό αγρό. Ο σταθμός ήταν εξοπλισμένος με τους κατάλληλους αισθητήρες και κατέγραφε ανά δεκάλεπτο τη θερμοκρασία του αέρα, τη σχετική υγρασία του, την ηλιακή ακτινοβολία, την ένταση του ανέμου και τη βροχόπτωση. Η ανάκτηση των δεδομένων γινόταν ανά τρίμηνο από το καταγραφικό αρχείο του μετεωρολογικού σταθμού (data logger) και η περαιτέρω επεξεργασία έγινε με το υπολογιστικό φύλλο Microsoft – Excel.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα για τα Τρίκαλα προέρχονται από το σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας που είναι εγκατεστημένος σε απόσταση 200 μ. από τον πειραματικό αγρό (περιοχή Καρυές) και αποκτήθηκαν μετά από αίτηση στην Ε.Μ.Υ). Τα δεδομένα προήλθαν από οκτάωρες καταγραφές και αφορούν στις ίδιες παραμέτρους. Οι μέσες τιμές δεκαημέρων θερμοκρασίας και υετού της τελευταίας δεκαετίας αποκτήθηκαν από την Ε.Μ.Υ.

Για τη στατιστική και τη μελέτη των αποτελεσμάτων έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA). Χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο MSTAT, (Michigan State University, 1982), και το λογιστικό Microsoft – Excel. Η ανάλυση παραλλακτικότητας έγινε για τον προσδιορισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των επιπέδων και των μεταχειρίσεων που μελετήθηκαν. Χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (ΕΣΔ) μεταξύ των επιπέδων των μεταχειρίσεων.

Η επιλογή του πειραματικού σχεδίου των τυχαιοποιημένων ομάδων τεμαχίων με κύρια τεμάχια και υποτεμάχια (split – plot design) επιλέχθηκε για τη διερεύνηση της επίδρασης των δύο παραγόντων (μεταχείριση ψυχανθούς, επίπεδα αζωτούχου λίπανσης) καθώς και την αλληλεπίδραση αυτών στις μεταβλητές της αύξησης και ανάπτυξης του μπιζελιού, αραβοσίτου και ηλιάνθου όπως και σε ορισμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους. Το σχέδιο αυτό επιλέχθηκε για να είναι τα δείγματα αντιπροσωπευτικά.

Για την εύρεση της σχέσης που συνδέει δύο μεταβλητές και την περιγραφή αυτής της σχέσης υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης, ο οποίος περιγράφει την ισχυρότητα της σχέσης δύο μεταβλητών.

Παρακάτω συνοψίζονται οι βαθμοί ελευθερίας και οι πηγές παραλλακτικότητας στο πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε.

**Πίνακας ANOVA**

<i><b>Πηγή παραλλακτικότητας</b></i>	<i><b>B.E</b></i>
Επαναλήψεις	2
Επίπεδα Νούχου λίπανσης	3
Σφάλμα 1	6
Μεταχειρίσεις ψυχανθούς	2
Επίπεδα Νούχου λίπανσης <b>x</b> Μεταχειρίσεις ψυχανθούς	6
Σφάλμα 2	16
Σύνολο	35

Επαναλήψεις = 3

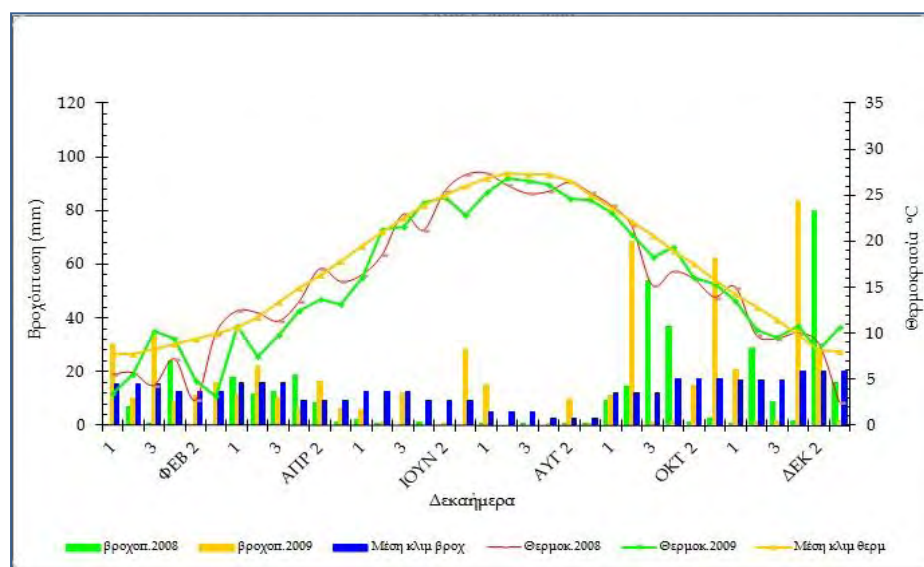
Επίπεδα Νούχου λίπανσης = 4

Μεταχειρίσεις ψυχανθούς = 3

### 3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Κλιματικές συνθήκες

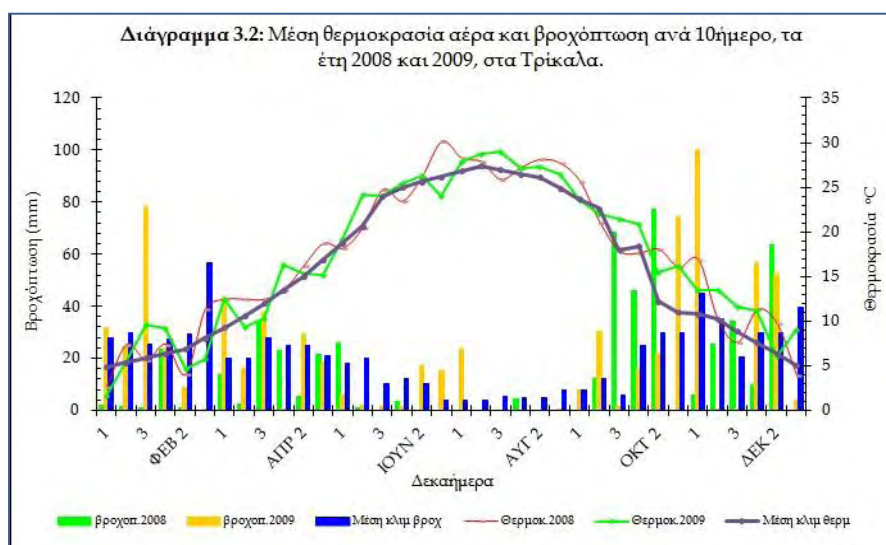
Η πεδινή Θεσσαλία και επομένως οι περιοχές μελέτης χαρακτηρίζονται από μεσογειακό κλίμα με θερμό και ξηρό θέρος και υγρό και ψυχρό χειμώνα. Στα Σχήματα 3.1.1 και 3.1.2 απεικονίζονται μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας αέρα και βροχόπτωσης ανά δεκαήμερο για το Σωτήριο (Λάρισα) και τα Τρίκαλα, αντίστοιχα.



**Σχήμα 3.1.1.** Μέση θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση ανά 10ήμερο τα έτη 2008 και 2009 στο Σωτήριο Λάρισας.

Όπως φαίνεται, τη χειμερινή περίοδο επεκράτησαν παρόμοιες χαμηλές θερμοκρασίες και στις δύο περιοχές μελέτης, με μέση ελάχιστη θερμοκρασία περί τα τέλη Ιανουαρίου έως τα μέσα Φεβρουαρίου στη Λάρισα ( $2.7-3.2^{\circ}\text{C}$ ) και το πρώτο δεκαήμερο Ιανουαρίου στα Τρίκαλα ( $1.7^{\circ}\text{C}$ ). Μέχρι τα τέλη του χειμώνα, η βλαστική ανάπτυξη του μπιζελιού που χαρακτηρίζεται από βασική θερμοκρασία ανάπτυξης περί τους  $6^{\circ}\text{C}$ , είναι καθυλωμένη. Τους εαρινούς μήνες, οι θερμοκρασίες του αέρα κυμάνθηκαν κάτω από τη μέση κλιματική καμπύλη στη Λάρισα, και κυρίως το 2009

που χαρακτηρίστηκε από αρκετά δροσερό Απρίλιο. Στα Τρίκαλα την άνοιξη επικράτησαν μέσες κλιματικές τιμές και τα δύο έτη πειραματισμού.



**Διάγραμμα 3.1.2.** Μέση θερμοκρασία αέρα και βροχόπτωση ανά 10ήμερο τα έτη 2008 και 2009 στα Τρίκαλα.

Κατά τη θερινή περίοδο (Ιούνιος - Σεπτέμβριος) στα Τρίκαλα σημειώθηκαν θερμοκρασίες υψηλότερες της μέσης κλιματικής τιμής και τις δύο χρονιές (25.8°C έναντι 24.5°C). Στη Λάρισα συνέβη το αντίθετο, με θερμοκρασίες χαμηλότερες της κλιματικής τιμής (24.2°C το 2008 και 23.95 το 2009 έναντι 25.1°C). Μέγιστες θερμοκρασίες σημειώθηκαν περί τα τέλη Ιουνίου (2008) στα Τρίκαλα και τις αρχές Ιουλίου στη Λάρισα (30.1°C και 27.4°C, αντίστοιχα). Γενικά η μέση θερμοκρασία θέρους και μέχρι το τέλος Αυγούστου κυμάνθηκε σε υψηλότερα για την εποχή επίπεδα στα Τρίκαλα, ενώ στη Λάρισα κυμάνθηκε σε κανονικά (2008) έως χαμηλότερα (2009) του κλιματικού μέσου επίπεδα. Μετά τα τέλη Αυγούστου 2008, η θερμοκρασία αέρα έπεσε απότομα για να φθάσει μέχρι και το δεύτερο δεκαήμερο του Σεπτεμβρίου στους 21.7°C στη Λάρισα και τους 19.5°C στα Τρίκαλα.

Και στις δύο περιοχές μελέτης και για τη χειμερινή περίοδο 2008, σημειώθηκαν ικανοποιητικές βροχοπτώσεις που κάλυψαν τις ανάγκες της χειμερινής καλλιέργειας (μπιζέλι) ενώ την άνοιξη (περίοδος Μαρτίου – Μαΐου) καταγράφηκαν 72.6 mm και 127.0 mm βροχής για τη Λάρισα και τα Τρίκαλα, αντίστοιχα. Τη θερινή περίοδο (2008), η συνολική βροχόπτωση ήταν ελαφρώς μεγαλύτερη στην περιοχή των Τρικάλων (90 mm) συγκριτικά με τη Λάρισα (80 mm), όπου όμως μετρήθηκε



χαμηλότερη σχετική υγρασία (46.6%) συγκριτικά με τα Τρίκαλα (57.8%). Σημαντικό μέρος των βροχοπτώσεων σημειώθηκε την περίοδο της ανθοφορίας καθώς και την περίοδο της ενσωμάτωσης του ψυχανθούς γεγονός που βοήθησε στην ικανοποιητική αποδόμηση της βιομάζας του μπιζελιού που ενσωματώθηκε. Το χειμώνα του 2009, από τον Ιανουάριο έως τέλη Μαΐου, το ύψος της βροχής στα Τρίκαλα ανήλθε στα 322.5 mm. Το ύψος βροχής στη Λάρισα ανήλθε στα 204.2 mm με καλά κατανεμημένα τα ποσά των μηνιαίων βροχοπτώσεων. Τη θερινή περίοδο, το ποσό της βροχής ανήλθε στα 134.8 mm στη Λάρισα, εκ των οποίων τα 43.2 mm σημειώθηκαν το τρίτο δεκαήμερο του Ιουνίου και το πρώτο δεκαήμερο του Ιουλίου. Το αντίστοιχο ποσό στα Τρίκαλα έφθασε τα 97.2 mm με το μεγαλύτερο ποσό να σημειώνεται το τρίτο δεκαήμερο του Ιουνίου και το πρώτο του Ιουλίου.

## 3.2. ΗΛΙΑΝΘΟΣ

### 3.2.1. Αύξηση και ανάπτυξη του ηλίανθου

#### 3.2.1.1. Ύψος

Στο Σχήμα 3.2.1. παρατηρείται η εξέλιξη του ύψους των φυτών στις υπό μελέτη περιοχές και τα έτη καλλιέργειας. Μετρημένες τιμές του ύψους των φυτών παρουσιάζονται επίσης και στον Πίνακα 3.2.1. Το ύψος του ηλίανθου αυξήθηκε με ρυθμούς 2.5 - 4.5 cm/d για μεγάλα διαστήματα της βλαστικής περιόδου σε σχέση με τις επικρατούσες εδαφο-κλιματικές συνθήκες και τις μεταχειρίσεις, για να φθάσει μέγιστες τιμές περί τα τέλη Αυγούστου με αρχές Σεπτεμβρίου.

Όπως διακρίνεται στο Σχήμα 3.2.1. υπάρχει σαφής υπεροχή του ύψους στη μεταχείριση της ενσωμάτωσης σε σχέση με τον καρπό και το μάρτυρα και ιδιαίτερα στο επίπεδο λίπανσης N<sub>15</sub> και τα δύο έτη (2008, 2009) και στις δύο περιοχές. Επίσης σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν και για τις διαφορετικές λιπάνσεις με μεγαλύτερους ρυθμούς αύξησης να χαρακτηρίζουν τα μεγαλύτερα επίπεδα λίπανσης σε σχέση με το μάρτυρα. Περί τις 30-45 ημέρες μετά το φύτευμα, το ύψος φυτών ήταν περί τα 25-35 cm για να φθάσει δύο μήνες αργότερα τη μέγιστη τιμή του που κυμάνθηκε μεταξύ 145-152 cm για τους μάρτυρες και 161-171 cm για τις μεταχειρίσεις με εφαρμογή λίπανσης ή/και αμειψισπορά με ψυχανθές (Πιν. 3.2.1) συμβαδίζοντας με την αύξηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας αποκτώντας το μέγιστο του ρυθμού τους με το μέγιστο ανάπτυξης της φυλλοστοιβάδας (Cechin & Fumis, 2004; Danalatos *et al.*, 2009; Archontoulis *et al.*, 2011).

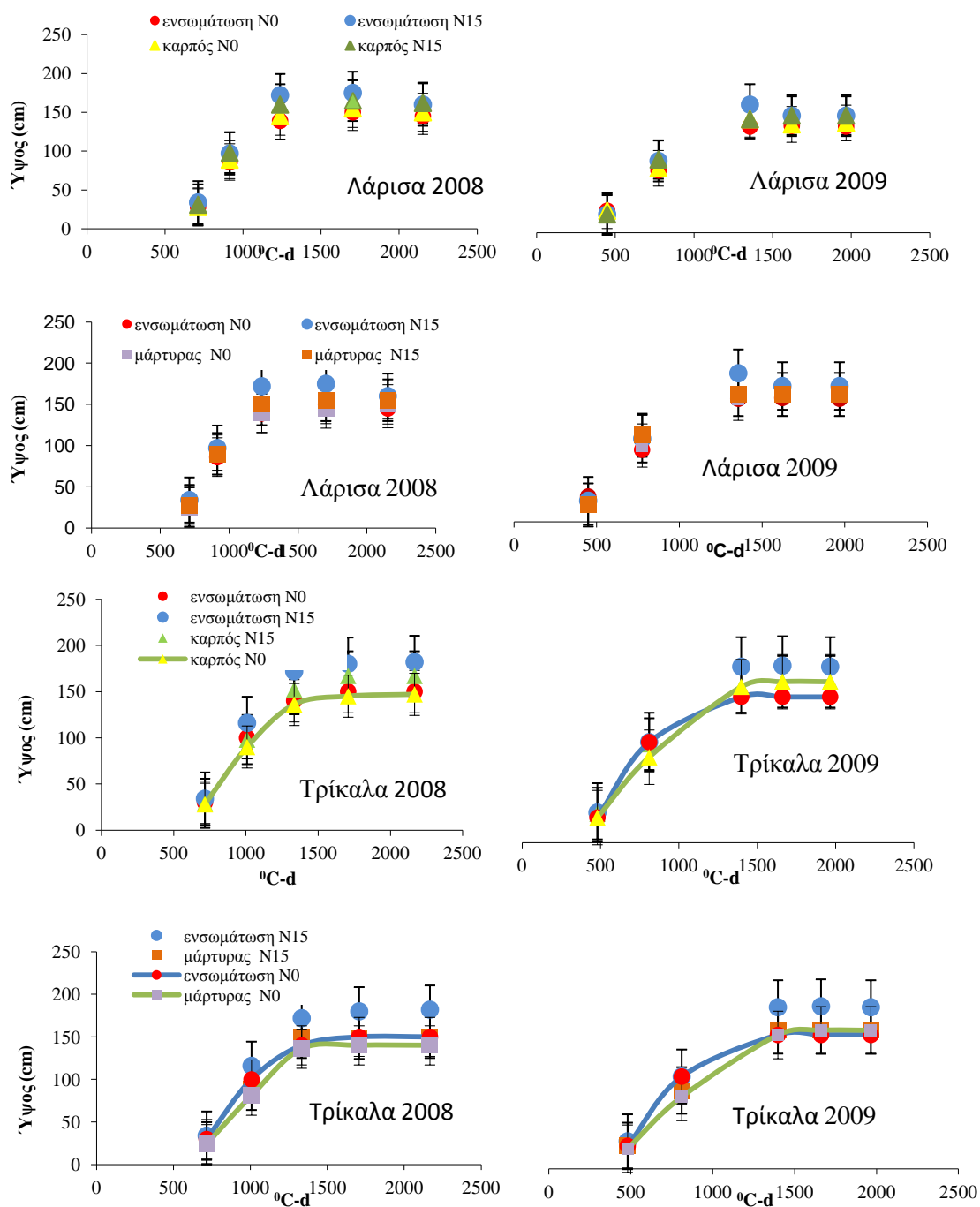
#### 3.2.1.2. Φύλλα - Βλαστοί

Μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων λίπανσης παρατηρούμε ότι με την αύξηση των μονάδων N αυξάνεται και η ξηρή βιομάζα φύλλων και βλαστών. Η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική για όλες τις δειγματοληψίες. Όσον αφορά στη μεταχείριση του καρπού παρατηρούμε ότι οι μέσοι όροι δίνουν τιμές μεγαλύτερες από εκείνες του μάρτυρα και μικρότερες της ενσωμάτωσης.

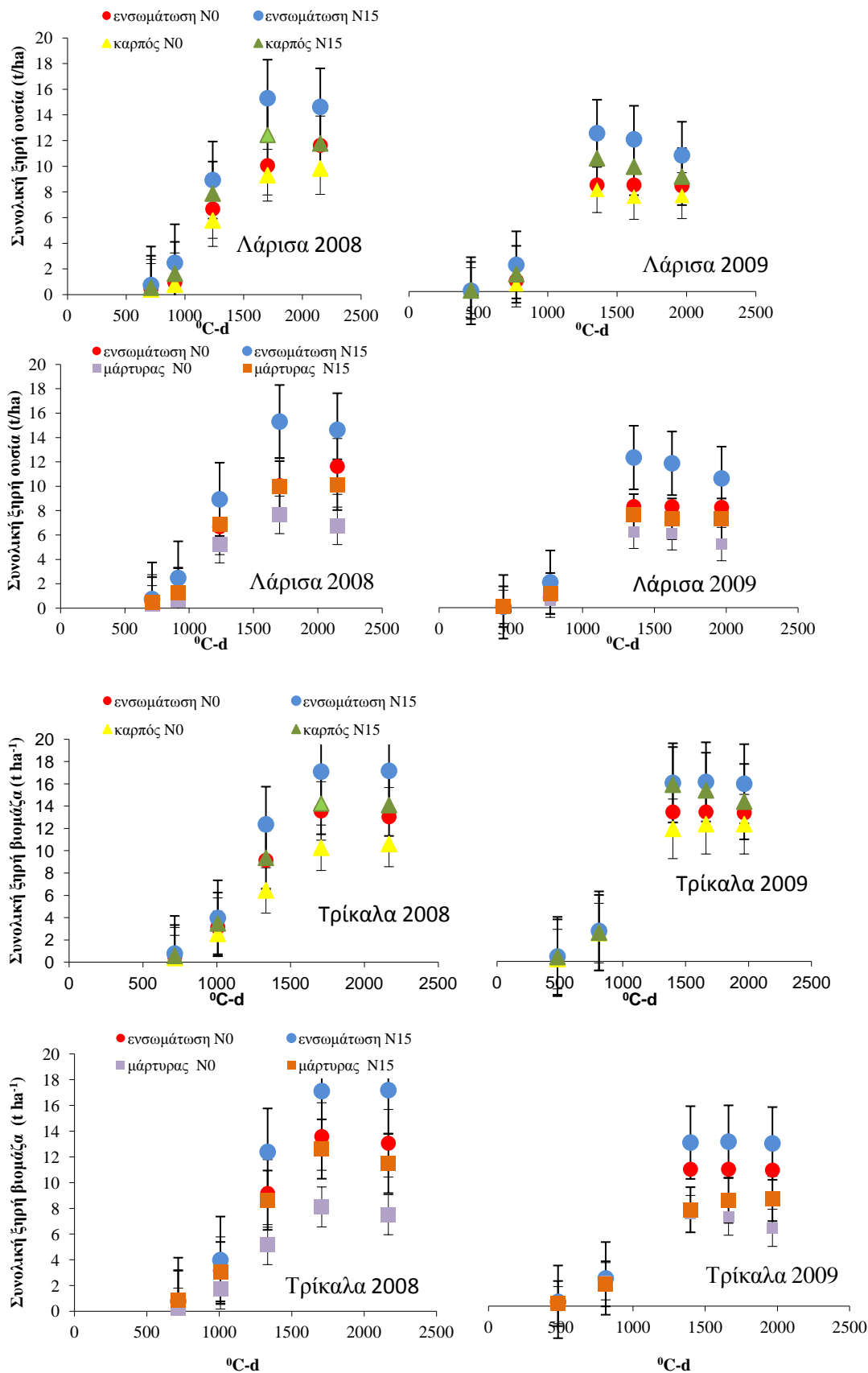
Οι μέγιστες τιμές παρατηρούνται στην ενσωμάτωση και με επίπεδο λίπανσης N<sub>15</sub> (Πιν. 3.2.1.) Ανάλογα αποτελέσματα καταγράφηκαν και από τους Cechin & Fumis (2004). Το μέγιστο του ξηρού βάρους των βλαστών και των φύλλων παρατηρείται στις 235-248 J.d (80 ημέρες από το φύτρωμα). Με την ολοκλήρωση της άνθησης παρουσιάζεται μείωση του ξηρού βάρους των φύλλων και βλαστών και για τις τρεις μεταχειρίσεις, που οφείλεται στη γήρανση και πτώση των φύλλων και στα αυξημένα επίπεδα αναπνοής στα προχωρημένα αυτά στάδια ανάπτυξης.

### **3.2.1.3 Ολική ξηρή βιομάζα**

Τα φυτά που προσέλαβαν 10 και 15 μονάδες N δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες διαφορές στους μέσους όρους της ολικής ξηρής βιομάζας, φαίνεται δηλαδή ότι τα φυτά έχουν την ικανότητα να προσλαμβάνουν περισσότερο από το απαιτούμενο για την αύξησή τους άζωτο. Οι Lemaire *et al.* (2004) προτείνουν ότι, υπό συνθήκες άφθονης παροχής αζώτου, η πρόσληψη του αζώτου εξαρτάται και από την εν δυνάμει αύξηση του καλλιεργούμενου φυτού, και από την ικανότητά του να αποθηκεύει το πλεονάζον άζωτο ('luxury N'). Η διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων αναφορικά με την τελική παραγωγή μεταξύ των ετών οφείλεται στις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες, και κυρίως το διαφορετικό εύρος ημερησίων θερμοκρασιών αέρα και αναγκών εξατμισοδιαπνοής. Η μεγαλύτερη παραγωγή ξηρής βιομάζας στην περιοχή των Τρικάλων οφείλεται στον υψηλότερο LAI που κράτησε κλειστή τη φυλλοστοιβάδα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, καθώς επίσης φαίνεται να είναι αποτέλεσμα της βελτίωσης της εδαφικής δομής (Salmeron – Miranda *et al.*, 2007; Soon *et al.*, 2007) και τις καλύτερες φυσικές ιδιότητες του αμμοαργιλώδους εδάφους των Τρικάλων σε σχέση με το βαρύ αργιλικό της Λάρισας που οδήγησαν σε ιδιαίτερα ψηλές αποδόσεις βιομάζας, ανάλογες αυτών που βρέθηκαν στη Θεσσαλία σε προηγούμενες εργασίες με ποικιλίες ηλιάνθου (Danalatos *et al.*, 2009; Archontoulis *et al.*, 2007).



**Σχήμα 3.2.1.** Εξέλιξη του ύψους του ηλίανθου για διαφορετικές μεταχειρίσεις ψυχανθούς και δύο επίπεδα λίπανσης N<sub>0</sub> και N<sub>15</sub>, για τις περιοχές Λάρισας και Τρικάλων τα έτη 2008 και 2009. Οι κάθετες μπάρες απεικονίζουν τη μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα (LSD<sub>0.05</sub>).



**Σχήμα 3.2.2.** Μεταβολή της συνολικής ξηρής βιομάζας ( $\text{t ha}^{-1}$ ) του ηλιάνθου με τη θερμική ηλικία του ηλιάνθου ( $^{\circ}\text{C-d}$ ) για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις ψυχανθούς και για δύο επίπεδα λίπανσης ( $\text{N}_0$  και  $\text{N}_{15}$ ), στη Λάρισα και τα Τρίκαλα (2008-2009). Οι κάθετες μπάρες απεικονίζουν τη μέση τιμή  $\pm$  τυπικό σφάλμα (για  $\text{LSD}_{0.05}$ ).

**Πίνακας 3.2.1.** Ύψος φυτών και ξηρά βάρη φύλλων, βλαστών, καρπών και ολικής βιομάζας του ηλίανθου για 4 επίπεδα Ν-χου λίπανσης και 3 μεταχειρίσεις ψυχανθούς στους πειραματικούς αγρούς Λάρισας και Τρικάλων τα έτη 2008 και 2009. [Σημ. Λ: N<sub>0</sub>:0, N<sub>5</sub>:5, N<sub>10</sub>:10 και N<sub>15</sub>:15 kg N/στρ, Μ: Κ = συγκομιδή καρπού, Ε = ενσωμάτωση, Μ = μάρτυρας).

**Πιν. 3.2.1. Λάρισα 2008 (φύτρωμα 16/6/2008)**

JD		199	209	225	248	278
ΗΜΦ		33	43	59	82	112
<b>Ύψος (cm)</b>						
	N <sub>0</sub>	27	88	141	150	148
	N <sub>5</sub>	28	101	162	157	158
Λ	N <sub>10</sub>	31	87	166	163	160
	N <sub>15</sub>	30	95	165	163	159
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	2.2	ns	6.3	1.9	2.1
	K	30	95	166	158	158
Μ	E	31	94	163	166	159
	M	26	90	147	151	153
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	ns	ns	4.7	5.5	ns
	CV(%)	16.6	19.7	7.4	8.0	14.5
<b>Φύλλα (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
	N <sub>0</sub>	190	292	1375	1925	1150
	N <sub>5</sub>	200	314	1550	2075	1250
Λ	N <sub>10</sub>	245	587	1725	2256	1650
	N <sub>15</sub>	265	607	1825	2700	1475
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	0.9	66	1.3	358	1.3
	K	221	442	1575	2306	1369
Μ	E	281	575	1763	2662	1631
	M	173	333	1519	1748	1144
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	16.6	62.2	98.0	269.2	250.0
	CV(%)	11.0	16.0	7.0	13.9	9.0
<b>Βλαστοί (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
	N <sub>0</sub>	198	504	2750	3817	2600
	N <sub>5</sub>	215	622	3150	4183	2921
Λ	N <sub>10</sub>	305	972	3450	5225	3600
	N <sub>15</sub>	355	1137	3525	5750	3650
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	72.0	11.0	1.1	459.0	58.0
	K	246	791	3188	4894	3263
Μ	E	345	1053	3525	5325	3916
	M	214	583	2944	4013	2400
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	55.0	8.8	1092.0	516.0	43.0
	CV (%)	23.0	11.3	10.0	12.6	11.6
<b>Ολική ξηρή βιομάζα (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
	N <sub>0</sub>	388	797	5900	8842	8925
	N <sub>5</sub>	415	936	6700	9558	9722
Λ	N <sub>10</sub>	550	1560	7650	11631	11831
	N <sub>15</sub>	620	1744	7900	12575	11850
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	72.0	73.3	2.0	778.6	315.9
	K	467	1234	6881	10913	10860
Μ	E	626	1628	7988	12150	13085
	M	386	916	6244	8892	7800
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	55.0	6.9	2.7	475.0	232.0
	CV (%)	12.9	5.8	10.0	5.1	2.5

(Συνέχεια) Πιν. 3.2.1. Λάρισα 2009 (φύτρωμα 20/6/2009).

JD		193	208	237	251	274
ΗΜΦ		23	38	67	81	104
<b>Ύψος (cm)</b>						
	N <sub>0</sub>	27	88	140	148	148
	N <sub>5</sub>	21	93	159	157	158
Λ	N <sub>10</sub>	24	97	165	157	158
	N <sub>15</sub>	23	100	164	157	157
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	3.8	1.0	0.7	0.7	0.6
	K	26	94	166	157	158
M	E	24	92	163	157	159
	M	21	97	142	150	150
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	3.7	11.0	10.5	8.7	7.8
	CV(%)	17.8	11.8	10.4	5.0	6.0
<b>Φύλλα (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
	N <sub>0</sub>	53	308	2600	1388	1373
	N <sub>5</sub>	53	383	2796	1560	946
Λ	N <sub>10</sub>	58	638	3087	1740	1000
	N <sub>15</sub>	55	690	3200	1800	1145
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	2.1	0.9	7.5	0.8	6.6
	K	56	493	3009	1562	1098
M	E	58	638	3334	1862	1238
	M	49	383	2419	1442	1013
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	2.2	81.0	155.9	180.6	5.3
	CV(%)	4.6	15.0	7.0	10.0	10.0
<b>Βλαστοί (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
	N <sub>0</sub>	28	535	4075	3300	2875
	N <sub>5</sub>	28	678	4163	3650	3075
Λ	N <sub>10</sub>	28	1058	4090	4038	3600
	N <sub>15</sub>	33	1238	4775	4550	3725
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	1.3	2.1	384.0	ns	1.7
	K	34	807	4360	4031	3394
M	E	28	1150	4838	4284	3900
	M	24	675	3630	3337	2662
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	1.0	241.3	28.7	7301.0	0.9
	CV (%)	4.0	10.2	7.8	21.7	10.0
<b>Ολική ξηρή βιομάζα (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
	N <sub>0</sub>	80	843	8425	9538	8647
	N <sub>5</sub>	80	1060	8983	10610	8185
Λ	N <sub>10</sub>	85	1695	9602	12153	10150
	N <sub>15</sub>	87	1928	10500	12575	10370
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	2.7	2.1	384.9	972.1	1572.6
	K	90	1300	9450	11443	10041
M	E	86	1787	10871	13140	10873
	M	73	1058	7812	9073	7100
	EΣΔ <sub>(0,05)</sub>	12.5	411.3	289.2	730	654.4
	CV (%)	13.4	11.0	3.6	7.5	8.1

(Συνέχεια) Πιν. 3.2.1. Τρίκαλα 2008 (φύτρωμα 17/6/2008).

JD		200	214	229	246	276
ΗΜΦ		31	45	60	77	107
Υψος (cm)						
	N <sub>0</sub>	27	90	137	145	146
	N <sub>5</sub>	28	92	148	157	159
Λ	N <sub>10</sub>	30	100	160	165	166
	N <sub>15</sub>	30	112	158	165	166
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	ns	ns	0.9	3.2	1.7
	K	30	103	146	157	158
M	E	33	108	162	171	173
	M	24	85	135	146	147
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	1.7	13.8	7.0	11.6	14.5
	CV(%)	6.8	16.2	9.0	11.2	13.1
Φύλλα (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	178	950	1600	2225	1475
	N <sub>5</sub>	180	1088	1925	2513	1750
Λ	N <sub>10</sub>	250	1225	2203	2615	2025
	N <sub>15</sub>	413	1437	2392	2900	2025
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	31.5	171.9	314.1	388.8	380.0
	K	221	1134	1918	2531	1875
M	E	300	1453	2484	2890	2100
	M	244	938	1687	2269	1481
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	10.9	140.0	288.0	343.0	252.0
	CV(%)	3.4	15.0	5.0	6.4	7.5
Βλαστοί (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	198	1525	3225	4550	3338
	N <sub>5</sub>	165	1675	3863	5150	4000
Λ	N <sub>10</sub>	310	1900	4400	5700	4775
	N <sub>15</sub>	335	2075	4625	5925	4800
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	38.8	31.4	1052.9	1112.1	820.8
	K	255	1875	3797	5175	4303
M	E	300	2044	4781	6150	5063
	M	201	1463	3506	4669	3319
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	29.0	331.3	912.2	1015.0	720.0
	CV (%)	13.2	01.1	10.6	11.0	7.0
Ολική ξηρή βιομάζα (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	375	2475	6925	10650	10388
	N <sub>5</sub>	345	2763	8088	12088	12125
Λ	N <sub>10</sub>	560	3125	9292	13590	14430
	N <sub>15</sub>	748	3512	10192	14428	14250
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	38.4	2.7	1531.0	1456.5	858.2
	K	476	3009	8189	12246	12966
M	E	600	3497	10561	15171	15529
	M	444	2400	7121	10650	9900
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	29.1	210.0	104.0	321.0	755.0
	CV (%)	6.6	8.0	9.0	12.9	11.0

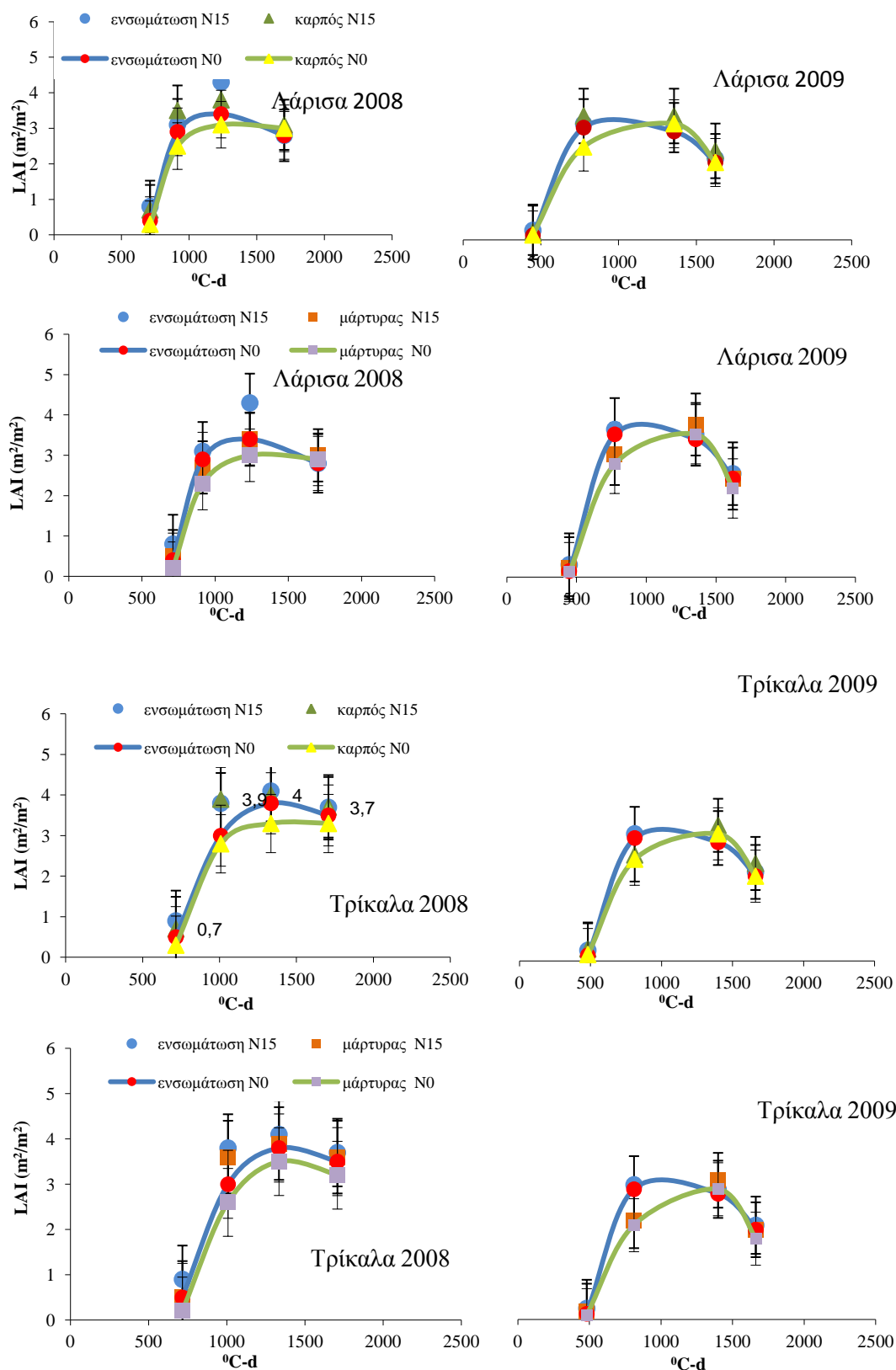


(Συνέχεια) Πιν. 3.2.1. Τρίκαλα 2009 (φύτρωμα 22/6/2009).

JD		195	209	236	249	267
ΗΜΦ		23	37	64	77	95
Υψος (cm)						
	N <sub>0</sub>	24	96	148	152	152
	N <sub>5</sub>	23	92	157	159	158
Λ	N <sub>10</sub>	25	92	160	164	163
	N <sub>15</sub>	28	94	160	162	162
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	ns	ns	0.7	ns	1.4
	K	27	93	155	161	160
M	E	26	98	165	167	166
	M	23	90	149	150	150
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	0.7	ns	1.2	1.1	1.0
	CV(%)	3.5	13.2	10.9	10.8	13.8
Φύλλα (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	100	945	2350	1816	1275
	N <sub>5</sub>	105	638	2392	1850	1300
Λ	N <sub>10</sub>	168	725	2750	2000	1450
	N <sub>15</sub>	165	817	2750	1814	1375
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	0.8	104.8	ns	ns	114.5
	K	129	907	2588	1950	1425
M	E	173	703	3182	1885	1444
	M	101	733	1912	1774	1181
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	0.6	ns	315.5	ns	161.8
	CV(%)	0.6	28.0	14.2	13.2	15.2
Βλαστοί (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	103	1310	4783	4000	3626
	N <sub>5</sub>	85	980	4875	4075	3342
Λ	N <sub>10</sub>	140	1102	6400	5350	4850
	N <sub>15</sub>	153	1300	5725	4925	4475
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	8.4	111.0	79.1	795.7	637.0
	K	124	1372	6056	5156	4688
M	E	152	1131	6306	5269	4812
	M	84	1016	3975	3338	2719
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	6.3	86.8	91.0	58.0	441.0
	CV (%)	6.1	8.6	12.0	11.5	12.5
Ολική ξηρή βιομάζα (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	203	2255	10208	10341	9876
	N <sub>5</sub>	190	1618	10842	11050	10392
Λ	N <sub>10</sub>	308	1827	13150	13100	12750
	N <sub>15</sub>	318	2117	12250	12289	12100
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	8.7	109.0	506.0	441.0	613.0
	K	253	2279	12581	12656	11963
M	E	324	1834	14175	13717	13681
	M	186	1749	8081	8712	8194
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	6.6	218.0	325.0	231.0	441.0
	CV (%)	3.0	12.9	3.2	7.3	14.5

#### 3.2.1.4. LAI

Και για τις δύο περιοχές το μέγιστο της τιμής του LAI κυμάνθηκε περίπου στα ίδια επίπεδα (3.42 και 4.87 Λάρισα έναντι 4.2 και 3.2 Τρίκαλα για τα έτη 2008, 2009 αντίστοιχα). Το έτος 2008 το φυτό ολοκλήρωσε το βιολογικό του κύκλο κανονικά, ενώ το 2009 προώρισε και κατά συνέπεια η φυλλοστοιβάδα έκλεισε νωρίτερα και διατηρήθηκε κλειστή για μικρότερο χρονικό διάστημα. Ανάλογες τιμές του δείκτη αναφέρονται σε προηγούμενες εργασίες με καλλιέργεια ηλίανθου στην Θεσσαλία (Danalatos *et al.*, 2009; Archontoulis *et al.*, 2007, 2011). Σε αντίθεση, οι Goksoy *et al.* (2004) καταγράφουν τιμές LAI έως 3.08 που διατηρείται έως και το στάδιο γαλακτώματος του σπόρου, καθώς και οι Connor *et al.* (1985) τιμή LAI ίση με 2.5. Επίσης, οι Ruiz & Maddonni (2006) αναφέρουν ότι η κριτική τιμή του LAI για μέγιστη παραγωγή είναι 2.89. Σε σχέση με τα επίπεδα λίπανσης, οι μέγιστες τιμές του LAI μετρήθηκαν στο επίπεδο N15 και την ενσωμάτωση του ψυχανθούς. Μετά την επίτευξη των μέγιστων τιμών του ο LAI μειώνεται στη συνέχεια αντικατοπτρίζοντας την ωρίμανση και πτώση των φύλλων, αλλά γενικά παραμένει σε τιμές  $\geq 3$ , γεγονός που σημαίνει ικανή δέσμευση φωτός ( $\geq 85\%$ ) ακόμα και σε προχωρημένα στάδια ανάπτυξης.



**Σχήμα 3.2.3.** Μεταβολή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ ) με τη θερμική ηλικία του ηλιάνθου ( $^{\circ}\text{C-d}$ ) για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις ψυχανθούς και για δύο επίπεδα λίπανσης ( $\text{N}_0$  και  $\text{N}_{15}$ ), στη Λάρισα και τα Τρίκαλα (2008-2009). Οι κάθετες μπάρες απεικονίζουν τη μέση τιμή  $\pm$  τυπικό σφάλμα (για  $\text{LSD}_{0.05}$ ).

**Πίν. 3.2.2.** Δείκτης φυλλικής επιφάνειας (LAI, m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) για 4 επίπεδα Ν-χου λίπανσης και 3 μεταχειρίσεις ψυχανθούς στους πειραματικούς αγρούς Λάρισας και Τρικάλων (2008, 2009). [Λ: Ν<sub>0</sub>:0, Ν<sub>5</sub>:5, Ν<sub>10</sub>:10 και Ν<sub>15</sub>:15 kg Ν/στρ, Μ: Κ = συγκομιδή καρπού, Ε = ενσωμάτωση, Μ = μάρτυρας].

**Λάρισα 2008 (φύτρωμα 16/6/2008)**

JD		199	209	225	248
ΗΜΦ		33	43	59	82
LAI					
	N <sub>0</sub>	0.41	0.59	2.36	2.46
	N <sub>5</sub>	0.43	0.72	2.94	2.72
Λ	N <sub>10</sub>	0.59	1.21	3.38	3.23
	N <sub>15</sub>	0.57	1.33	3.42	3.95
	<i>ΕΣΔ</i> (0.05)	0.1	0.1	0.1	<i>n s</i>
	K	0.47	0.93	3.37	3.37
Μ	E	0.59	1.23	3.06	3.50
	M	0.43	0.73	2.65	2.40
	<i>ΕΣΔ</i> (0.05)	0.08	0.08	0.1	<i>n s</i>
	CV(%)	20.6	9.5	4.2	36.8

**Λάρισα 2009 (φύτρωμα 20/6/2009).**

JD		193	208	237	251
ΗΜΦ		23	38	67	81
LAI					
	N <sub>0</sub>	0.11	0.62	4.03	1.53
	N <sub>5</sub>	0.12	0.78	4.34	1.67
Λ	N <sub>10</sub>	0.13	1.36	4.75	1.86
	N <sub>15</sub>	0.12	1.49	4.87	1.99
	<i>ΕΣΔ</i> (0.05)	<i>n s</i>	0.05	0.3	0.1
	K	0.13	1.02	4.59	1.68
Μ	E	0.13	1.36	5.41	2.05
	M	0.10	0.81	3.49	1.56
	<i>ΕΣΔ</i> (0.05)	0.01	0.03	0.2	0.1
	CV(%)	10	3.1	5.0	8.5

(Συνέχεια) Πίν. 3.2.2.

**Τρίκαλα 2008 (φύτρωμα 17/6/2008)**

JD		199	209	225	248
ΗΜΦ		33	43	59	82
LAI					
	N <sub>0</sub>	0.37	1.64	2.65	2.78
	N <sub>5</sub>	0.38	1.96	3.16	3.02
Λ	N <sub>10</sub>	0.53	2.16	3.70	3.27
	N <sub>15</sub>	0.50	2.55	3.93	3.30
	<i>ΕΣΔ</i> (0.05)	0.05	0.17	0.08	0.19
	K	0.47	2.00	3.14	2.98
M	E	0.64	2.59	4.20	3.56
	M	0.24	1.64	2.75	2.74
	<i>ΕΣΔ</i> (0.05)	0.04	0.10	0.05	0.16
	CV(%)	11.1	5.8	1.9	5.9

**Τρίκαλα 2009 (φύτρωμα 22/6/2009).**

JD		195	209	236	249
ΗΜΦ		23	37	64	77
LAI					
	N <sub>0</sub>	0.3	2.2	2.9	1.9
	N <sub>5</sub>	0.3	2.5	2.9	2.0
Λ	N <sub>10</sub>	0.5	2.1	3.1	2.4
	N <sub>15</sub>	0.4	2.2	3.0	2.1
	<i>ΕΣΔ</i> (0.05)	0.005	<i>n s</i>	0.19	<i>n s</i>
	K	0.4	3.0	3.2	2.3
M	E	0.5	1.5	2.9	2.1
	M	0.3	2.2	2.9	2.0
	<i>ΕΣΔ</i> (0.05)	0.004	0.8	0.16	<i>n s</i>
	CV(%)	1.3	41.0	6.0	18.3

### 3.2.1.5. Όργανα καρποφορίας

Στον Πίνακα 3.2.3. παρατηρείται ότι, μεγαλύτεροι μέσοι όροι προκύπτουν στην ενσωμάτωση και σε επίπεδο λίπανσης 10 μονάδων N. Η διαφορά μεταξύ των 10 και 15 μονάδων N δεν είναι μεγάλη, όπως αυτό φαίνεται από τις τιμές των ΕΣΔ<sub>(0,05)</sub> και των CV γεγονός που σημαίνει το βάρος των καρποφόρων οργάνων μπορεί να φτάσει στη μέγιστη τιμή του με 10 μονάδες N. Όσον αφορά στον καρπό παρατηρούμε ότι οι μέσοι όροι δίνουν τιμές μεγαλύτερες από εκείνες του μάρτυρα και μικρότερες της ενσωμάτωσης.

Η θετική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην απόδοση σε σπόρο του ηλίανθου είναι γνωστή σε προηγούμενες εργασίες στην Ελλάδα με αποδόσεις 4-4,5 t/ha με εφαρμογές 10-15 μονάδων N (Archontoulis *et al.*, 2007; Geronikolou *et al.*, 2004) και παγκοσμίως (Goksoy *et al.*, 2004; Zubillaga *et al.*, 2002; Ruffo *et al.*, 2003; Rinaldi *et al.*, 2001; Albrizio & Steduto, 2005). Όπως ήταν λοιπόν αναμενόμενο, σημαντική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης βρέθηκε και στην παρούσα εργασία και στις δύο περιοχές μελέτης και τα δύο έτη πειραματισμού, με τις μέγιστες τιμές στις μεταχειρίσεις N10 στη Λάρισα και N15 στο ελαφρύτερο έδαφος των Τρικάλων ( $P < 0.05$ ). Αυτό που ξεπέρασε τα αναμενόμενα, ήταν οι αποδόσεις σε ξηρό σπόρο που έφθασαν το δυναμικό παραγωγής και στην περίπτωση της ενσωμάτωσης του ψυχανθούς το 2008 έφθασαν περί τους 5 t/ha και στις δύο περιοχές μελέτης και περί τον 1t/ha μικρότερες το 2009. Οι βροχές που έπεσαν νωρίς το Σεπτέμβριο 2008 (περίπου 80mm) φαίνεται ότι βοήθησαν το γέμισμα του σπόρου μέχρι την έναρξη της φυσιολογικής ωρίμανσης του φυτού (Ξανθόπουλος, 1993).

Οι διαφορές στην απόδοση σε σπόρο φαίνεται να μην επηρεάστηκαν σημαντικά από άλλα χαρακτηριστικά όπως α) ο αριθμός σπόρων ανά κεφαλή (που κυμάνθηκε ευρέως μεταξύ 1683 και 2264,  $MO = \pm 2000$ ), β) ο δείκτης συγκομιδής που κυμάνθηκε περί το  $MO = 0.39$  ( $CV = 7,5\%$ ), σύμφωνα και με προηγούμενα αποτελέσματα υπό Zubillaga *et al* (2002); Ruffo *et al* (2003); Goksoy *et al.* (2004); Archontoulis *et al.* (2007); Danalatos *et al.* (2004, 2005), και ο λόγος ξηρού βάρους σπόρου/κεφαλής που δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Είναι πολύ σημαντικό ότι στα ελαφρύτερα (αμμώδη) εδάφη όπως αυτό των Τρικάλων μπορεί να επιτευχθούν σημαντικές αποδόσεις σε σπόρο και συνολική βιομάζα με μόνο μικρές εφαρμογές αζωτούχου λιπάσματος εφόσον υιοθετηθεί η

καλλιεργητική πρακτική της αμειψισποράς, και ιδιαίτερα εκείνη της χλωρής λίπανσης με χρήση ψυχανθών και ειδικότερα του μπιζελιού.

Στα πιο γόνιμα, αργιλώδη εδάφη (Λάρισα), η αμειψισπορά δίνει σαφή πλεονεκτήματα όσον αφορά στον οργανικό άνθρακα και στις ενζυματικές δραστηριότητες και έχουν σχέση με το ποσοστό της εδαφικής οργανικής ουσίας καθώς και το ολικό ποσοστό N. Το βαθύ, πασσαλώδες ριζικό σύστημα του ηλίανθου αξιοποιεί τα μέγιστα των θρεπτικών και από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους (Melero *et al.*, 2011; López-Belido *et al.*, 2010; Sainju *et al.*, 2006; Omay *et al.*, 1997; Potter *et al.*, 1998; Ashraf *et al.*, 2004).

Η σημαντική επίδραση της χλωρής λίπανσης στις παραμέτρους αύξησης και ανάπτυξης του ηλίανθου υποδεικνύει την καλλιέργεια ως συγκριτικό πλεονέκτημα στα συστήματα αμειψισποράς με χαμηλές εισροές αζώτου.

**Πίνακας 3.2.3.** Μέσοι όροι των τεσσάρων επιπέδων αζωτούχου λίπανσης (Λ) (N<sub>0</sub>:0, N<sub>5</sub>:5, N<sub>10</sub>:10 και N<sub>15</sub>:15 μονάδες N) και των τριών μεταχειρίσεων του ψυχανθούς (Μ) Κ:καρπός, Ε:ενσωμάτωση και Μ:μάρτυρας) του βάρους των καρποφόρων οργάνων για κάθε δειγματοληψία του ηλίανθου σε σχέση με τις Ιουλιανές ημέρες (J.d) στους πειραματικούς αγρούς της Λάρισας και των Τρικάλων τα έτη 2008 και 2009. Επίσης παρουσιάζονται η ελάχιστη σημαντική διαφορά ( $ES\Delta_{0,05}$ ) και ο συντελεστής παραλλακτικότητας CV(%) για κάθε παράγοντα.

**Πιν. 3.2.3. Λάρισα 2008**

JD		225	248	278
<b>Βάρος καρποφόρων οργάνων (Kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Λ</b>	<b>N<sub>0</sub></b>	1775	3100	5175
	<b>N<sub>5</sub></b>	2000	3300	5550
	<b>N<sub>10</sub></b>	2475	4150	6581
	<b>N<sub>15</sub></b>	2550	4125	6725
	<b>ΕΣΔ<sub>(0,05)</sub></b>	<i>1.5</i>	<i>0.9</i>	<i>331</i>
<b>Μ</b>	<b>Κ</b>	2119	3713	6229
	<b>Ε</b>	2700	4163	7538
	<b>Μ</b>	1781	3131	4256
	<b>ΕΣΔ<sub>(0,05)</sub></b>	<i>211.5</i>	<i>111.3</i>	<i>231.8</i>
	<b>CV(%)</b>	<i>10.1</i>	<i>5.0</i>	<i>4.5</i>

**Λάρισα 2009**

JD		237	251	274
<b>Βάρος καρποφόρων οργάνων (Kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Λ</b>	<b>N<sub>0</sub></b>	1750	4850	4400
	<b>N<sub>5</sub></b>	2025	5400	4164
	<b>N<sub>10</sub></b>	2425	6375	5550
	<b>N<sub>15</sub></b>	2525	6225	5500
	<b>ΕΣΔ<sub>(0,05)</sub></b>	<i>111.3</i>	<i>211.9</i>	<i>n s</i>
<b>Μ</b>	<b>Κ</b>	2081	5850	5550
	<b>Ε</b>	2700	6994	5736
	<b>Μ</b>	1763	4294	3425
	<b>ΕΣΔ<sub>(0,05)</sub></b>	<i>210.5</i>	<i>311.0</i>	<i>652.0</i>
	<b>CV (%)</b>	<i>10.0</i>	<i>10.0</i>	<i>15.4</i>



(Συνέχεια) Πιν. 3.1.3.

**Τρίκαλα 2008**

JD		229	246	276
Βάρος καρποφόρων οργάνων (Kg ha <sup>-1</sup> )				
Λ	N <sub>0</sub>	2100	3875	5575
	N <sub>5</sub>	2300	4425	6375
	N <sub>10</sub>	2689	5275	7630
	N <sub>15</sub>	3175	5603	7425
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	75.0	385.0	52.0
Μ	K	2475	4540	6788
	E	3295	6131	8366
	M	1928	3713	5100
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	57.0	287.0	40.0
	CV (%)	12.6	16.9	10.7

**Τρίκαλα 2009**

JD		236	249	267
Βάρος καρποφόρων οργάνων (Kg ha <sup>-1</sup> )				
Λ	N <sub>0</sub>	3075	4525	4975
	N <sub>5</sub>	3575	5125	5750
	N <sub>10</sub>	4000	5750	6450
	N <sub>15</sub>	3775	5550	6250
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	66.0	84.0	69.0
Μ	K	3938	5550	5850
	E	4688	6562	7425
	M	2194	3600	4294
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	60	61	62.0
	CV (%)	11.9	11.3	11.2

**Πιν. 3.2.4. Μετρημένες παράμετροι συγκομιδής ηλίανθου**

**Λάρισα 2008**

	(J.d 278) ΗΜΦ 112	Βάρος ξηρού σπόρου (kg/ha)	Συνολικό ξ.β. κεφαλής (kg/ha)	Αριθμός σπόρων	Διάμετρος κεφαλής (cm)	ξ.β. σπόρου / ξ.β. κεφαλής	Δείκτης συγκομιδής	Υπόλειμμα/Ξ.Β. κεφαλής
	<b>N<sub>0</sub></b>	4416	5500	1888	20	0.70	0.41	0.30
	<b>N<sub>5</sub></b>	4573	6347	1993	22	0.71	0.45	0.29
<b>Λ</b>	<b>N<sub>10</sub></b>	5149	6908	2010	27	0.69	0.39	0.31
	<b>N<sub>15</sub></b>	4888	6351	2098	27	0.70	0.40	0.32
	<b>ΕΣΛ<sub>(0,05)</sub></b>	<i>n s</i>	<i>n s</i>	<i>0.9</i>	<i>1.3</i>	<i>ns</i>	<i>0.02</i>	<i>ns</i>
	<b>K</b>	4843	6343	1973	19	0.72	0.45	0.29
<b>M</b>	<b>E</b>	6115	7857	2221	21	0.73	0.43	0.27
	<b>M</b>	3310	4629	1799	15	0.66	0.36	0.35
	<b>ΕΣΛ<sub>(0,05)</sub></b>	<i>821.0</i>	<i>782.0</i>	<i>21.6</i>	<i>1.1</i>	<i>0.02</i>	<i>0.026</i>	<i>0.019</i>
	<b>CV(%)</b>	<i>20.0</i>	<i>14.4</i>	<i>11.0</i>	<i>5.4</i>	<i>2.9</i>	<i>7.2</i>	<i>7.1</i>

(Συνέχεια) Πιν. 3.2.4. Μετρημένες παράμετροι συγκομιδής ηλίανθου

Λάρισα 2009

	(J.d 278) ΗΜΦ 112	Βάρος ξηρού σπόρου (kg/ha)	Συνολικό ξ.β. κεφαλής (kg/ha)	Αριθμός σπόρων	Διάμετρος κεφαλής (cm)	ξ.β. σπόρου / ξ.β. κεφαλής	Δείκτης συγκομιδής	Υπόλειμμα/Ξ.Β. κεφαλής
	N <sub>0</sub>	3325	5033	1811	18	0.71	0.39	0.29
	N <sub>5</sub>	3758	5507	1888	23	0.68	0.40	0.32
Λ	N <sub>10</sub>	4088	6062	1847	26	0.67	0.36	0.33
	N <sub>15</sub>	4163	5779	1855	26	0.67	0.37	0.32
	ΕΣΔ <sub>(0.05)</sub>	1.9	n s	n s	0.7	n s	n s	n s
	K	3881	5681	1796	24	0.68	0.38	0.32
M	E	4734	6759	2060	27	0.70	0.39	0.30
	M	2884	4346	2094	19	0.67	0.37	0.33
	ΕΣΔ <sub>(0.05)</sub>	0.9	612.0	n s	0.6	n s	0.001	n s
	CV(%)	0.0	12.6	10.4	13.1	4.9	10.4	14.0

(Συνέχεια) Πιν. 3.2.4. Μετρημένες παράμετροι συγκομιδής ηλίανθου

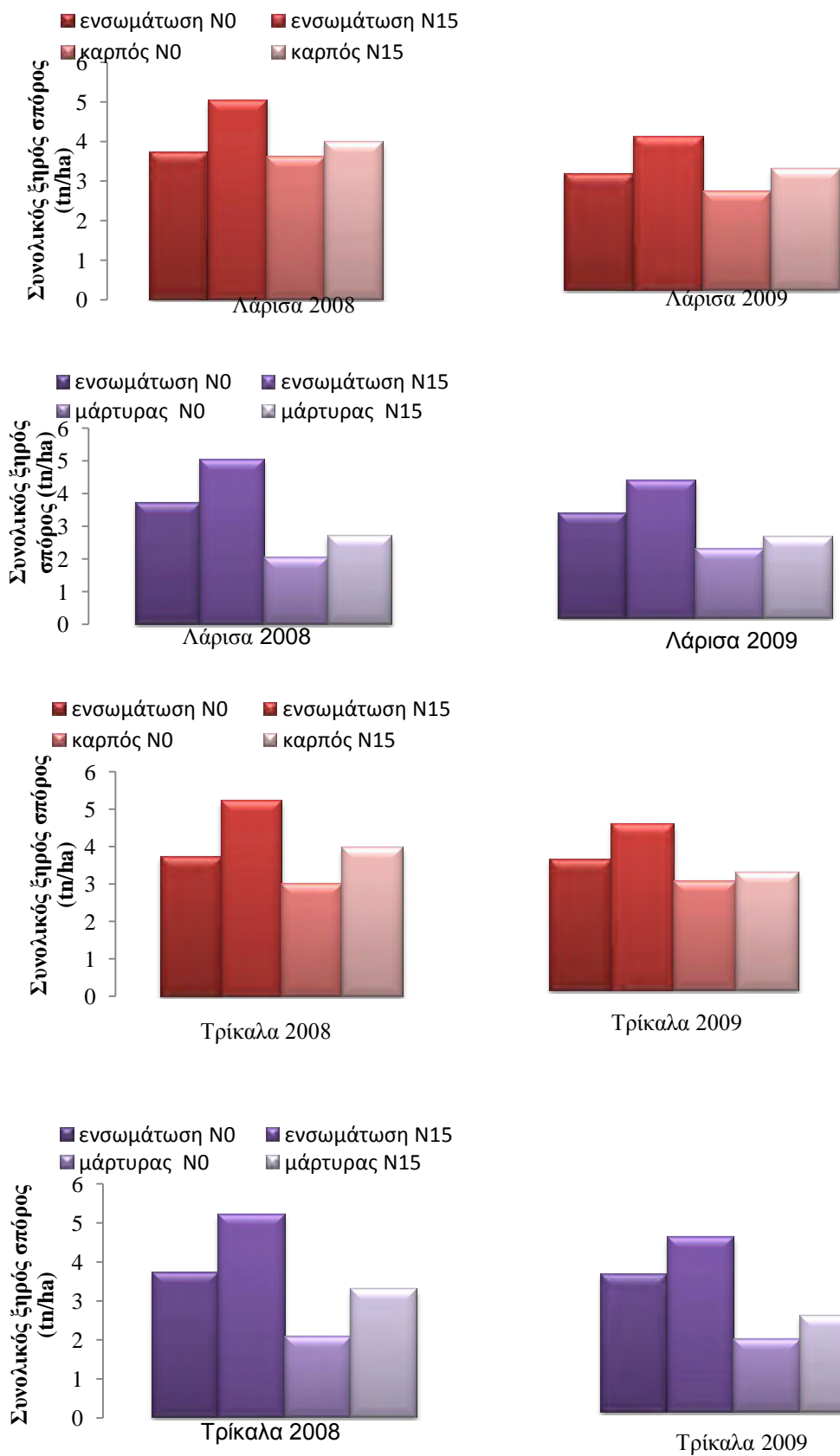
Τρίκαλα 2008

	(J.d 278) ΗΜΦ 112	Βάρος ξηρού σπόρου (kg/ha)	Συνολικό ξ.β. κεφαλής (kg/ha)	Αριθμός σπόρων	Διάμετρος κεφαλής (cm)	ξ.β. σπόρου / ξ.β. κεφαλής	Δείκτης συγκομιδής	Υπόλειμμα/Ξ.Β. κεφαλής
	<b>N<sub>0</sub></b>	3662	5488	1810	21	0.67	0.33	0.33
	<b>N<sub>5</sub></b>	4512	6400	1942	22	0.70	0.35	0.30
<b>Λ</b>	<b>N<sub>10</sub></b>	5037	7038	1958	23	0.72	0.36	0.29
	<b>N<sub>15</sub></b>	5200	7125	1948	23	0.73	0.36	0.27
	<b>ΕΣΛ<sub>(0.05)</sub></b>	<i>102.0</i>	<i>301.1</i>	<i>ns</i>	<i>n s</i>	<i>0.03</i>	<i>0.006</i>	<i>0.0004</i>
	<b>K</b>	4369	6225	1863	23	0.70	0.34	0.30
<b>M</b>	<b>E</b>	6009	8409	2264	26	0.71	0.35	0.29
	<b>M</b>	3431	4903	1618	18	0.70	0.34	0.30
	<b>ΕΣΔ<sub>(0.05)</sub></b>	<i>91.0</i>	<i>81.0</i>	<i>162.7</i>	<i>1.23</i>	<i>n s</i>	<i>0.005</i>	<i>0.0003</i>
	<b>CV(%)</b>	<i>2.3</i>	<i>4.0</i>	<i>10.2</i>	<i>11.3</i>	<i>4</i>	<i>5.1</i>	<i>0.1</i>

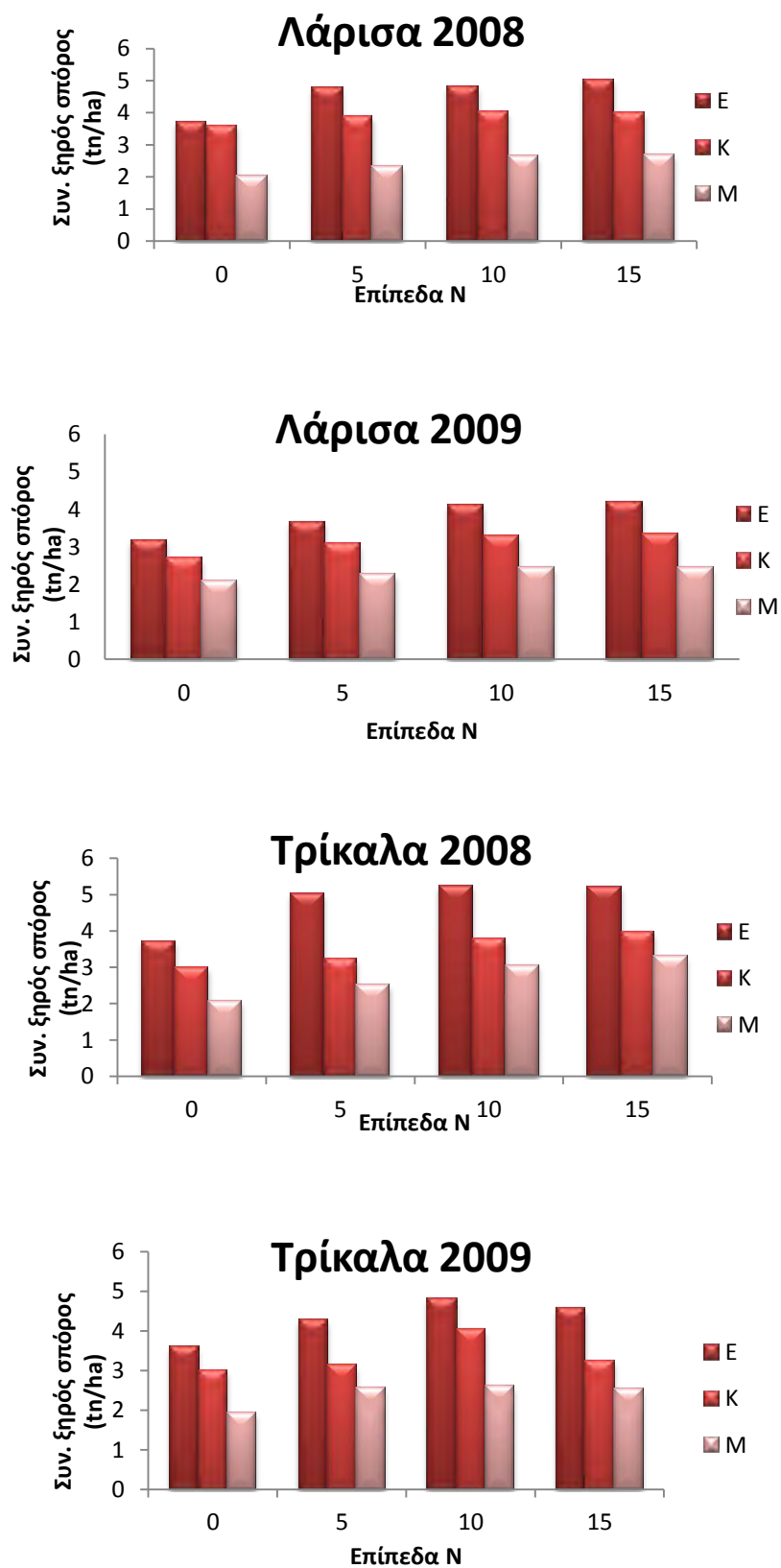
(Συνέχεια) Πιν. 3.1.4. Μετρημένες παράμετροι συγκομιδής ηλίανθου

Τρίκαλα 2009.

	(J.d 278) ΗΜΦ 112	Βάρος ξηρού σπόρου (kg/ha)	Συνολικό ξ.β. κεφαλής (kg/ha)	Αριθμός σπόρων	Διάμετρος κεφαλής (cm)	ξ.β. σπόρου / ξ.β. κεφαλής	Δείκτης συγκομιδής	Υπόλειμμα/Ξ.Β. κεφαλής
	<b>N<sub>0</sub></b>	3200	4378	1683	21	0.71	0.36	0.29
	<b>N<sub>5</sub></b>	3600	5128	1837	22	0.71	0.39	0.28
<b>Λ</b>	<b>N<sub>10</sub></b>	3635	5742	1933	28	0.68	0.35	0.32
	<b>N<sub>15</sub></b>	3785	5544	1905	27	0.68	0.35	0.33
	<b>ΕΣΛ<sub>(0.05)</sub></b>	536.0	816.5	1.1	3.7	<i>n s</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<b>K</b>	3956	5794	1811	25	0.68	0.33	0.32
<b>M</b>	<b>E</b>	5123	7500	2209	30	0.72	0.39	0.28
	<b>M</b>	3895	4427	1500	19	0.68	0.37	0.32
	<b>ΕΣΛ<sub>(0.05)</sub></b>	692.0	661.0	17.0	2.8	<i>n s</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<b>CV(%)</b>	18.5	11.2	14.0	13.2	5.3	3.1	0.2



**Σχήμα 3.2.4.** Συνολική παραγωγή σπόρου ηλιανθού για τις δύο διαφορετικές μεταχειρίσεις ψυχανθούς (E= ενσωμάτωση, K = συγκομιδή καρπού) και για δύο επίπεδα λίπανσης ( $N_0$  και  $N_{10}$ ), σε σχέση με το  $M_0$  = μάρτυρα, στη Λάρισα και τα Τρίκαλα και τα δύο έτη (2008-2009). Οι κάθετες μπάρες απεικονίζουν τη μέση τιμή  $\pm$  τυπικό σφάλμα (για  $LSD_{0,05}$ ).



**Σχήμα 3.2.5.** Συνολικός ξηρός σπόρος ηλιάνθου με τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις ψυχανθούς (E= ενσωμάτωση, K = συγκομιδή καρπού) και τέσσερα επίπεδα λίπανσης ( $N_0$ ,  $N_5$ ,  $N_{10}$ ,  $N_{15}$ ), στις περιοχές Λάρισα και Τρίκαλα και τα έτη 2008 και 2009.

Στα Σχήματα 3.2.4. είναι εμφανής η επίδραση της καλλιέργειας του ψυχανθούς στην παραγωγή σπόρου λόγω της βιολογικής δέσμευσης αζώτου στα φυμάτια του ψυχανθούς, που συντελεί στη μεγαλύτερη απορρόφηση αζώτου από τα φυτά του ηλίανθου και της μετακίνησής του προς το σπόρο. Για την περιοχή των Τρικάλων, το επιπλέον άζωτο που παρέχεται από το ψυχανθές αποδίδεται σε 190 kg σπόρο το στρέμμα για την περίπτωση της ενσωμάτωσης της χλωρής λίπανσης (με μηδενική λίπανση), ενώ στην περίπτωση όπου το μπιζέλι συγκομίζεται ως καρπός η διαφορά παραγωγής σπόρου με το μάρτυρα είναι της τάξης των 110 kg το στρέμμα. Οι διαφορές κυμάνθηκαν περίπου στα ίδια επίπεδα και για τα δύο έτη και ήταν της τάξης των 37.5-44%. Η μεγάλη ποσότητα βιομάζας μπιζελλιού και το αυξημένο ποσοστό αζώτου που συσσωρεύεται στα άνθη την περίοδο της ενσωμάτωσης αυξάνει το βαθμό ορυκτοποίησης και η αύξηση αυτή είναι εμφανής στις διαφορές ποσότητας παραγόμενου σπόρου ηλίανθου μεταξύ μάρτυρα και των δύο μεταχειρίσεων του μπιζελλιού.

Για την περιοχή της Λάρισας οι διαφορές στην παραγωγή σπόρου μεταξύ μάρτυρα –ενσωμάτωσης και μάρτυρα –καρπού στη μηδενική λίπανση κυμαίνονται στα 150 και 140 kg το στρέμμα, αντίστοιχα.



### 3.3. ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΣ

#### 3.3.1. Αύξηση και ανάπτυξη του αραβοσίτου

##### 3.3.1.1. Ύψος

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.3.1. φαίνεται ότι κατά την πρώτη περίοδο αύξησης των νεαρών φυτών (30 ΗΜΦ) οι ρυθμοί ήταν χαμηλοί, της τάξης των 0.5 και 0.7 cm d<sup>-1</sup> και στη συνέχεια, οπότε άρχισε η άνθιση και εκμεταλλεύτηκαν και την προσφερόμενη ανόργανη αζωτούχο λίπανση, τα φυτά αυξάνονταν με μεγαλύτερους ρυθμούς της τάξης των 4.7 και 3.8 cm d<sup>-1</sup> για τις μεταχειρίσεις της ενσωμάτωσης και του μάρτυρα, αντίστοιχα. Η επίδραση των μεταχειρίσεων του μπιζελιού καταδεικνύεται σαφώς ανώτερη με στατιστικά σημαντικές διαφορές και στις τρεις μεταχειρίσεις έναντι του Καρπού και του Μάρτυρα. Σημαντικό ρόλο παρουσιάζει η εφαρμογή της επιφανειακής αζωτούχου λίπανσης το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (ύψος φυτών περί τα 50-60 cm), καθώς τα νεαρά φυτά του αραβοσίτου χρειάζονται επαρκή ποσότητα αζώτου για την ανεμπόδιστη ανάπτυξή τους (Schroder, 1999; Varvel *et al.*, 1997; Schittenhelm, 2008; Magdoff, 1991). Το τελικό ύψος κυμάνθηκε μεταξύ 198 και 240 cm ανάλογα με το επίπεδο λίπανσης και τη διαχείριση του ψυχανθούς συμβαδίζοντας με την αύξηση του δείκτη φυλλικής επιφάνειας και αποκτώντας το μέγιστο του ρυθμού τους με το μέγιστο ανάπτυξης της φυλλοστοιβάδας.

Η βασική λίπανση εξασφαλίζει την πλούσια ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και την πρώτη ώθηση στην έναρξη αύξησης των φυτών, και η επιφανειακή, την ταχεία ανάπτυξη λίγο πριν την άνθιση. Για τον παράγοντα λίπανση, στατιστικά σημαντικές διαφορές έδωσαν οι μέσοι όροι των τριών τελευταίων δειγματοληψιών (225, 248, 275 J.d.). Η μέγιστη τιμή μέσων όρων παρατηρείται στην ενσωμάτωση και με επίπεδο λίπανσης N<sub>24</sub>. Στο Σχήμα 3.3.1. παρουσιάζεται η αρχικά γραμμική αύξηση και στη συνέχεια η σταθεροποίησή της από την περίοδο της ανθήσεως.

### 3.3.2.2. Φύλλα – Βλαστοί

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 3.3.1., μετά από σχετικά βραδεία βλαστική ανάπτυξη 30 ΗΜΦ (ρυθμοί ανάπτυξης φύλλων 27.14 και 9.93 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, για Ε και Μ), η καλλιέργεια παρουσίασε ταχύτερη ανάπτυξη με αντίστοιχους ρυθμούς αύξησης των φύλλων για Ε: 65.6, Μ: 35.5 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, είτε με την εφαρμογή αζωτούχου λίπανσης, είτε με την καλλιεργητική τεχνική της ενσωμάτωσης του μπιζελιού ή και ολοκλήρωσης του βιολογικού του κύκλου στον αγρό. Σύμφωνα με τους Massignam *et al.* (2011) όσο αυξάνει η παροχή Ν στον κύκλο αύξησης του αραβοσίτου, τόσο διατηρούνται για περισσότερο χρόνο τα φύλλα πράσινα. Η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική σε όλες τις δειγματοληψίες και των φύλλων και των βλαστών, και μεταξύ των επιπέδων λίπανσης αλλά και μεταξύ των μεταχειρίσεων.

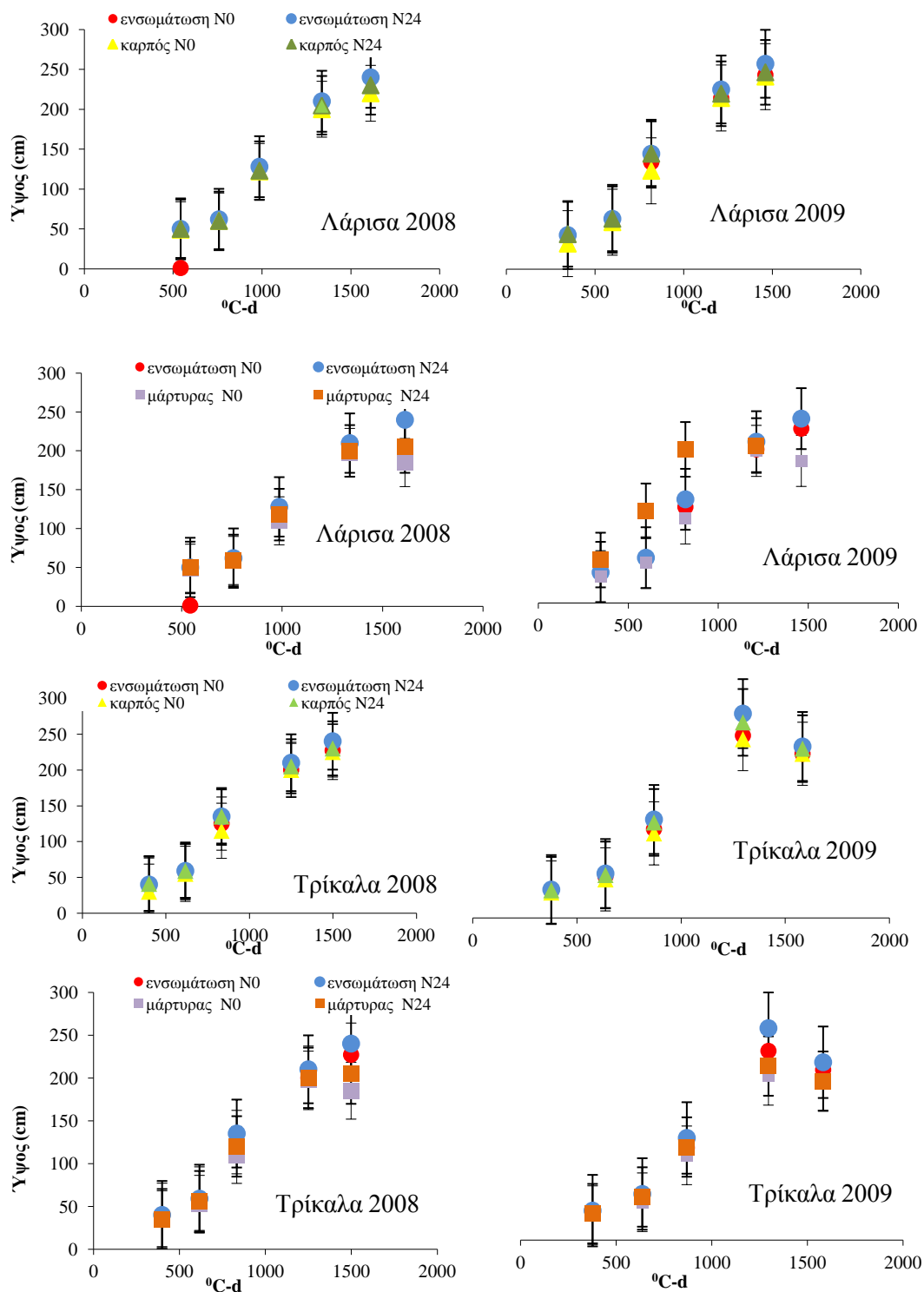
Επίσης, παρατηρούμε ότι μεγαλύτεροι μέσοι όροι και στις δύο παραμέτρους (φύλλα, βλαστοί) προκύπτουν στην ενσωμάτωση και σε επίπεδο λίπανσης 24 μονάδων Ν. Ο αραβόσιτος λόγω των υψηλών αναγκών του σε άζωτο, εκμεταλλεύτηκε πλήρως τα 240 kg N ha<sup>-1</sup> και έδειξε σημαντική υπεροχή έναντι των μικρότερων μονάδων αζώτου (Uribelarrea, *et al.*, 2009; Efthimiadou *et al.*, 2009; Ma *et al.*, 2005). Το μέγιστο του ξηρού βάρους βλαστών και φύλλων παρατηρείται στις 248-251 J d, δηλαδή περί τις 80 ημέρες μετά το φύτευμα. Με την ολοκλήρωση της άνθησης παρουσιάζεται σημαντική μείωση του ξηρού βάρους των φύλλων και όπως και στον ηλίανθο.

### 3.3.2.3. Ολική ξηρή βιομάζα

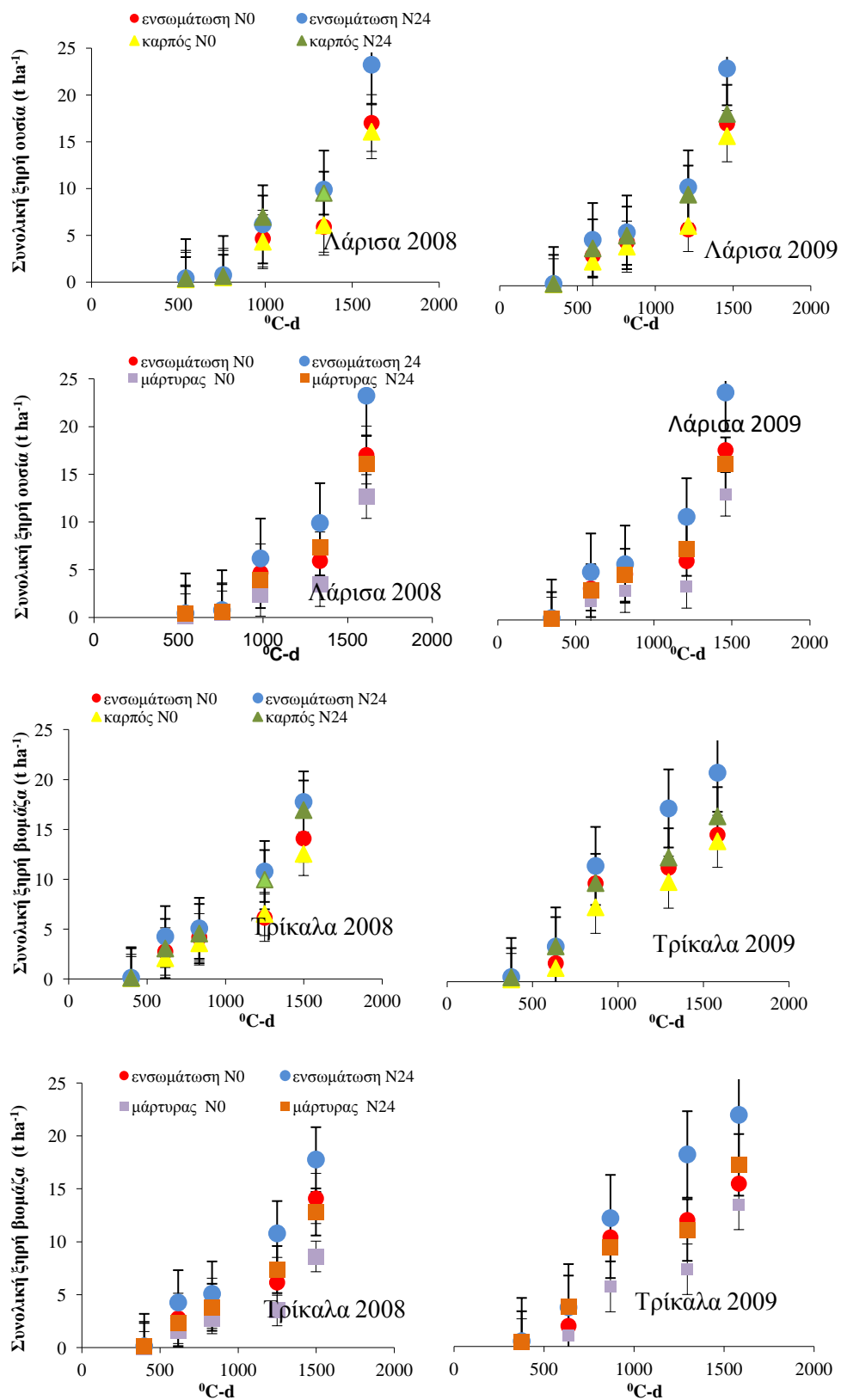
Όπως είναι φανερό από τους Πιν. 3.3.1. και το Σχήμα 3.3.2., η επίδραση των επεμβάσεων με ψυχανθή όσο και της εφαρμογής αζωτούχου λίπανσης στη συνολική παραγωγή ξηρής βιομάζας (παρόλο ότι το υβρίδιο είναι μικρού βιολογικού κύκλου) έφθασε σε σχετικά καλά επίπεδα, εάν εξαιρέσουμε τις παραγωγές του μάρτυρα ακόμη και με τη λίπανση των 24 μονάδων Ν. Η επίδραση της λίπανσης με τη μεταχείριση του ψυχανθούς ήταν εμφανής και στις δύο περιοχές μελέτης και τα δύο έτη καλλιέργειας. Η διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων αναφορικά με την τελική παραγωγή μεταξύ των ετών οφείλεται στις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες, και κυρίως το διαφορετικό εύρος ημερησίων θερμοκρασιών αέρα και αναγκών εξατμισοδιαπνοής. Η μεγαλύτερη παραγωγή ξηρής βιομάζας στην περιοχή της

Λάρισας οφείλεται στον υψηλότερο LAI που κράτησε κλειστή τη φυλλοστοιβάδα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, καθώς επίσης και στο αργιλικό έδαφος της Λάρισας που οδήγησαν σε ιδιαίτερα ψηλές αποδόσεις βιομάζας, ανάλογες αυτών που βρέθηκαν σε προηγούμενες εργασίες. Ανάλογες παραγωγές σημειώνονται και στα αποτελέσματα αμειψισποράς με μπιζέλι, των ερευνητών Bilalis *et al.*, (2012) (15.660-17.510 kg/ha για το μάρτυρα και την ενσωμάτωση, αντίστοιχα). Οι Riedell *et al.*, (2009) σε συστήματα εφαρμοζόμενης αμειψισποράς δίνουν ανάλογες παραγωγές αραβοσίτου με ψυχανθές τη σόγια. Επίσης, στα αποτελέσματά τους αναφέρουν τη σταθερότητα παραγωγής του αραβοσίτου μέσα από τετραετείς αμειψισπορές οι οποίες συμπεριλαμβάνουν χορτοδοτικά ψυχανθή έναντι των διετών αμειψισπορών με καρποδοτικά ψυχανθή.

Αρχικά η καλλιέργεια παρουσίασε στους ρυθμούς αύξησης βραδεία φάση, χωρίς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους, με ημερήσιους ρυθμούς αύξησης της τάξης των 50,18 kg/ha και στη συνέχεια επήλθε διαφοροποίηση μεταξύ των μεταχειρίσεων φθάνοντας στη φάση της ωρίμανσης με ημερήσιους ρυθμούς αύξησης 292, 226, 189 kg/ha για τη μεταχείριση της ενσωμάτωσης του μπιζελιού, της συγκομιδής και του μάρτυρα, αντίστοιχα. Η ενσωμάτωση έδωσε περισσότερη βιομάζα από τη μεταχείριση του μάρτυρα με ποσοστό 13,3 – 36% στα Τρίκαλα και 7,8 – 28% στη Λάρισα, ενώ στα τεμάχια που έγινε η συγκομιδή του καρπού σε σχέση με το μάρτυρα έδωσε περισσότερη βιομάζα κατά 5-30% στα Τρίκαλα και 9-16% στη Λάρισα. Η μέγιστη τιμή προκύπτει από τη μεταχείριση της ενσωμάτωσης και σε επίπεδο λίπανσης 24 μονάδων N στις 100-112 ημέρες από το φύτευμα. Παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζονται και από τον Massignam και τους συνεργάτες του (2009, 2011) όπως και από τον Wang και τους συνεργάτες του (2007). Η επιπλέον παροχή αζώτου προκάλεσε αύξηση των τιμών της ολικής ξηρής βιομάζας που διαμορφώθηκαν στους 18.300 kg/ha για τη Λάρισα και 14.084 – 17.782 kg/ha για τα Τρίκαλα με παροχή 16 μονάδων αζώτου. Οι χαμηλότερες τιμές το 2008 αντικατοπτρίζουν το αποτέλεσμα των χαμηλότερων τιμών σε όλα τα χαρακτηριστικά της αύξησης για το συγκεκριμένο έτος, όπως αυτά εμφανίζονται και στους Πίν. 3.2.2. Η μεταχείριση της χλωρής λίπανσης όχι μόνον κατάφερε να αντισταθμίσει αλλά και να ξεπεράσει την παραγωγή με εφαρμογή 240 μονάδων αζώτου και στις δύο περιοχές. Σύμφωνα με τους Uribe-larrea *et al.* (2009), και τους Ma *et al.* (2005) ο αραβόσιτος παρουσιάζει μεγάλη ανταπόκριση στην παροχή αζώτου με αποτέλεσμα αυξημένες παραγωγές.



**Σχήμα 3.3.1.** Εξέλιξη του ύψους (cm), του αραβόσιτου με την ανάπτυξη της καλλιέργειας σε βαθμο-ημέρες ( $^{\circ}\text{C-d}$ ) από την πρώτη δειγματοληψία μέχρι την ωρίμανση, για τις μεταχειρίσεις ενσωμάτωσης και καρπού (α), και ενσωμάτωσης και μάρτυρα (β), και για 2 επίπεδα λίπανσης  $\text{N}_0$  και  $\text{N}_{24}$ , στην περιοχή Λάρισας και Τρικάλων τα έτη 2008 και 2009. Οι κάθετες μπάρες (για  $\text{LSD}_{0.05}$ ) απεικονίζουν τη μέση τιμή  $\pm$  τυπικό σφάλμα.



**Σχήμα 3.3.2.** Εξέλιξη του ύψους (cm), του αραβόσιτου με την ανάπτυξη της καλλιέργειας σε βαθμο-ημέρες ( $^{\circ}\text{C-d}$ ) από την πρώτη δειγματοληψία μέχρι την ωρίμανση, για τις μεταχειρίσεις ενσωμάτωσης και καρπού (α), και ενσωμάτωσης και μάρτυρα (β), και για 2 επίπεδα λίπανσης  $\text{N}_0$  και  $\text{N}_{24}$ , στην περιοχή Λάρισας και Τρικάλων τα έτη 2008 και 2009. Οι κάθετες μπάρες (για  $\text{LSD}_{0.05}$ ) απεικονίζουν τη μέση τιμή  $\pm$  τυπικό σφάλμα.

**Πίνακας 3.3.1.** Ύψος φυτών και ξηρά βάρη φύλλων, βλαστών, καρπών και ολικής βιομάζας του αραβοσίτου για 4 επίπεδα N-χου λίπανσης και 3 μεταχειρίσεις ψυχανθούς στους πειραματικούς αγρούς Λάρισας και Τρικάλων τα έτη 2008 και 2009. [Σημ. Λ: N<sub>0</sub>:0, N<sub>5</sub>:5, N<sub>10</sub>:10 και N<sub>15</sub>:15 kg N/στρ, Μ: Κ= συγκομιδή καρπού, Ε = ενσωμάτωση, Μ = μάρτυρας).

**Πιν. 3.3.1. Λάρισα 2008 (φύτρωμα 13/6/2008)**

JD		199	209	225	248	278
ΗΜΦ		33	43	59	82	112
<b>Ύψος (cm)</b>						
	N <sub>0</sub>	49	53	120	200	209
	N <sub>8</sub>	49	60	132	200	217
Λ	N <sub>16</sub>	50	60	123	200	224
	N <sub>24</sub>	50	60	123	205	225
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	ns	ns	ns	ns	7.8
	K	50	60	122	201	227
Μ	E	50	57	128	202	231
	M	49	59	116	199	198
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	ns	ns	3.5	5.5	3.4
	CV(%)	13.0	13.5	17.4	8.0	14.5
<b>Φύλλα (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
	N <sub>0</sub>	203	345	1887	1100	963
	N <sub>8</sub>	215	390	2038	1190	1017
Λ	N <sub>16</sub>	257	420	2213	1200	1187
	N <sub>24</sub>	272	427	2561	1270	1275
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	20.0	65.9	424.0	380.0	367.0
	K	247	400	2220	1050	1057
Μ	E	260	441	2425	1310	1288
	M	203	347	1879	920	986
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	16.6	62.2	ns	220.0	250.0
	CV(%)	16.0	16.0	15.5	16.0	9.1
<b>Βλαστοί (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
	N <sub>0</sub>	92	180	2805	2990	3175
	N <sub>8</sub>	97	205	3064	3450	3725
Λ	N <sub>16</sub>	112	233	3850	4010	4264
	N <sub>24</sub>	127	238	4250	4430	4642
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	10.4	230.0	625.0	380.0	637.0
	K	110	197	3841	3469	3594
Μ	E	120	251	4161	5020	5119
	M	92	193	2475	3040	3142
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	16.5	29.0	469.0	76.0	456.0
	CV(%)	15.0	18.0	14.5	13.0	14.5
<b>Ολική ξηρή βιομάζα (kg ha<sup>-1</sup>)</b>						
	N <sub>0</sub>	296	525	4692	4090	15623
	N <sub>8</sub>	312	595	5102	4640	16855
Λ	N <sub>16</sub>	370	652	6063	5210	18226
	N <sub>24</sub>	400	665	6811	5700	18967
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	15.0	25.0	687.0	323.0	638.0
	K	358	596	6061	5070	17307
Μ	E	381	692	6586	6030	20123
	M	295	540	4357	3960	14553
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	17.1	66.9	571.0	212.0	805.0
	CV(%)	15.7	15.8	16.0	14.0	14.5

(Συνέχεια) Πιν. 3.3.1. Λάρισα 2009 (φύτρωμα 19/6/2009).

JD		193	208	222	249	274
ΗΜΦ		23	38	52	79	104
Υψος (cm)						
	N <sub>0</sub>	35	56	117	172	213
	N <sub>8</sub>	38	56	122	170	217
Λ	N <sub>16</sub>	37	58	125	180	224
	N <sub>24</sub>	39	58	130	179	225
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	ns	ns	1.8	ns	7.1
	K	37	58	123	181	228
M	E	39	59	130	172	233
	M	35	54	118	173	198
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	1.5	0.8	0.75	ns	1.4
	CV(%)	4.7	13.1	12.5	13.5	13.0
Φύλλα (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	107	1049	1725	1050	941
	N <sub>8</sub>	100	1100	1772	1300	1051
Λ	N <sub>16</sub>	113	1338	2250	1575	1157
	N <sub>24</sub>	128	1385	2412	1577	1159
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	12.1	192.0	210.0	239.0	168.0
	K	114	1226	2033	1425	1131
M	E	122	1527	2475	1856	1055
	M	99	900	1613	844	1044
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	12.2	244.0	291.0	367.0	ns
	CV(%)	13.6	14.1	15.0	17.0	6.2
Βλαστοί (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	38	1700	2325	2368	3029
	N <sub>8</sub>	40	1957	2625	3165	3560
Λ	N <sub>16</sub>	45	2401	2825	3545	4175
	N <sub>24</sub>	55	2675	2925	4262	4139
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	5.0	192.0	95.0	69.0	509.0
	K	47	2156	2813	3562	3937
M	E	51	2831	2925	2686	3753
	M	36	1563	2288	2756	3488
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	4.1	444.0	540.0	110.0	217.0
	CV (%)	14.5	14.0	12.5	17.0	17.0
Ολική ξηρή βιομάζα (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	145	2749	4050	4268	16607
	N <sub>8</sub>	140	3058	4398	5350	17410
Λ	N <sub>16</sub>	158	3739	5075	6815	17415
	N <sub>24</sub>	183	4060	5338	7973	18348
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	6.5	385.0	642.0	975.0	880.0
	K	161	3382	4845	6399	17427
M	E	173	4358	5400	7217	18886
	M	135	2463	3900	4688	15819
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	4.0	754.0	528.0	788.0	977.0
	CV (%)	13.5	16.8	15.0	17.0	10.0

(Συνέχεια) Πιν. 3.3.1. Τρίκαλα 2008 (φύτρωμα 25/6/2008).

JD		199	213	226	251	278
ΗΜΦ		22	36	49	74	101
Ύψος (cm)						
	N <sub>0</sub>	35	56	117	200	213
	N <sub>8</sub>	38	56.6	122	200	217
Λ	N <sub>16</sub>	37	58	126	200	224
	N <sub>24</sub>	39	58	130	205	225
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	1.44	1.6	2.8	1.86	1.3
	K	38	58	123	201	228
M	E	39	59.5	130	203	233
	M	35	1.2	118	200	198
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	0.96	0.9	1.5	3.79	52
	CV(%)	17	11.2	10	5.0	6.0
Φύλλα (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	83	770	1475	755	675
	N <sub>8</sub>	85	825	1650	865	725
Λ	N <sub>16</sub>	100	1025	1875	966	900
	N <sub>24</sub>	105	1100	2025	1088	950
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	4.5	57.0	92.0	192.0	49.0
	K	94	881	1781	985	797
M	E	105	1162	2137	1183	938
	M	83	746	1350	588	703
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	11.0	121.3	120.0	241.0	85.0
	CV(%)	8.0	14.0	15.0	18.2	6.5
Βλαστοί (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	23	1400	2042	2805	3012
	N <sub>8</sub>	23	1475	2125	3410	3300
Λ	N <sub>16</sub>	33	1950	2400	3850	4025
	N <sub>24</sub>	33	2125	2475	4250	4275
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	1.0	131.0	71.0	233.0	227.0
	K	26	1688	2338	4161	3778
M	E	34	2344	2513	4101	4088
	M	23	1181	1931	2475	3094
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	3.0	566.0	190.0	425.0	160.0
	CV (%)	15.0	9.0	15.0	14.0	15.0
Ολική ξηρή βιομάζα (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	105	2170	3317	5410	11743
	N <sub>8</sub>	108	2300	3775	6655	12651
Λ	N <sub>16</sub>	133	2975	4275	8841	14084
	N <sub>24</sub>	138	3325	4500	9388	15851
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	6.7	189.0	162.0	704.0	1358.0
	K	120	2569	4119	8671	14644
M	E	137	3507	4650	8644	15900
	M	105	1928	3282	5407	10216
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	9.5	85.0	84.0	846.0	902.0
	CV (%)	8.0	6.0	12.0	18.0	14.5

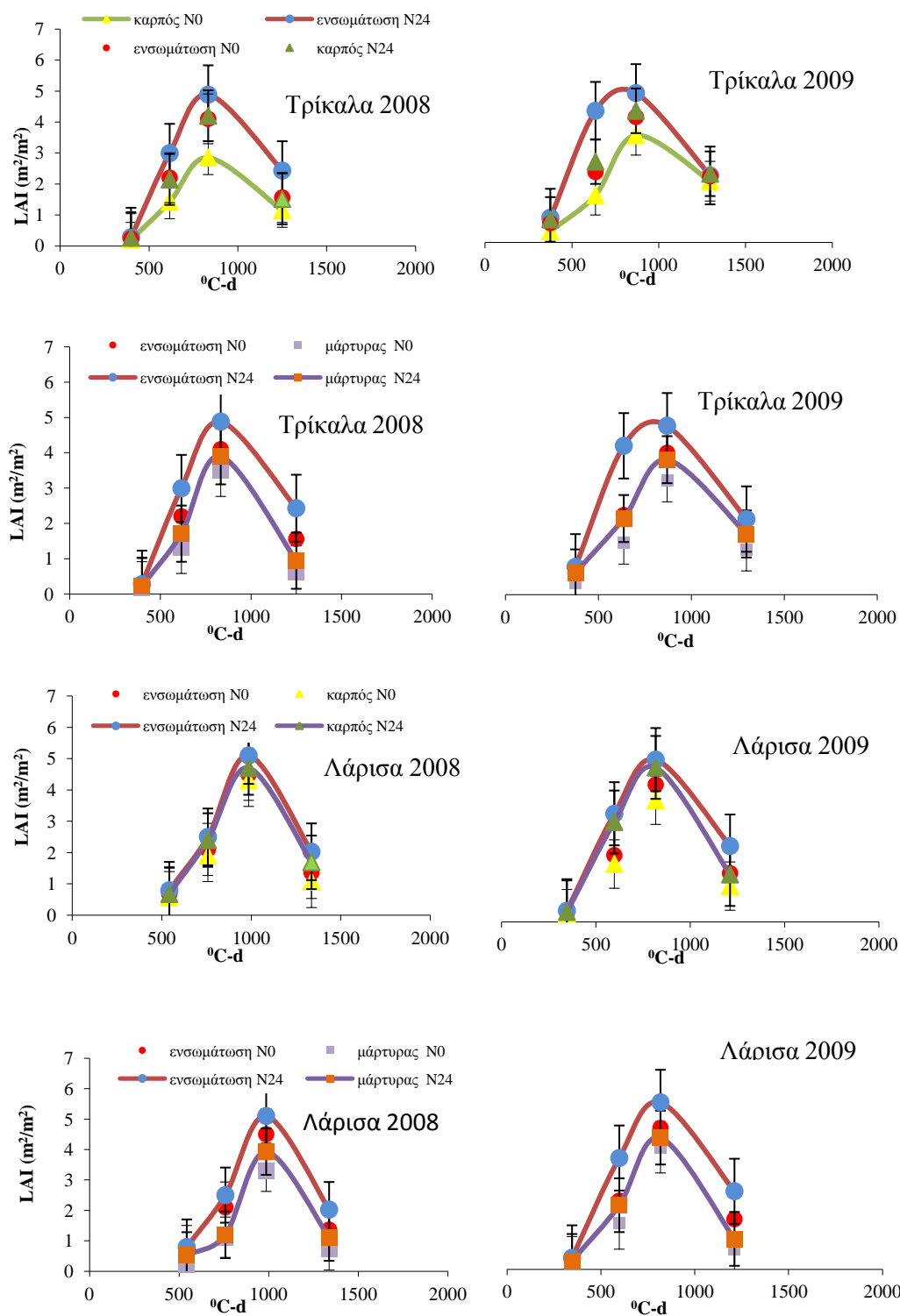


(Συνέχεια) Πιν. 3.3.1. Τρίκαλα 2009 (φύτρωμα 22/6/2009).

JD		195	209	223	250	274
ΗΜΦ		24	38	52	79	103
Ύψος (cm)						
	N <sub>0</sub>	35	54	117	239	220
	N <sub>8</sub>	36	54	121	243	220
Λ	N <sub>16</sub>	37	57	127	253	225
	N <sub>24</sub>	37,5	59	130	259	226
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	ns	3.0	12.6	13.6	ns
	K	36	56	123	256	229
M	E	39	59	129	265	230
	M	34	53	119	222	209
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	ns	4.6	8.0	22.1	12.5
	CV(%)	13.0	14.5	13.0	17.0	16.5
Φύλλα (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	190	793	993	1263	941
	N <sub>8</sub>	208	1063	1130	1588	1051
Λ	N <sub>16</sub>	280	1733	1238	1870	1157
	N <sub>24</sub>	295	2008	1325	1838	1158
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	9.5	217.0	56.5	101.0	49.0
	K	233	1354	1121	1515	1131
M	E	298	1590	1388	2044	1055
	M	199	1253	1005	1360	1045
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	26.3	130.6	28.0	144.0	19.1
	CV(%)	17.0	16.2	14.0	8.8	15.0
Βλαστοί (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	100	668	3825	3050	2954
	N <sub>8</sub>	103	873	4225	4176	3541
Λ	N <sub>16</sub>	132	1817	4875	4325	3800
	N <sub>24</sub>	160	1692	4925	4284	4170
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	10.2	223.0	210.0	256.0	190.0
	K	118	1194	4181	3625	3553
M	E	152	1410	4950	4651	3921
	M	101	1183	4257	3600	3375
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	33.5	144.0	569.0	711.0	246.0
	CV (%)	13.5	8.46	8.0	14.0	14.0
Ολική ξηρή βιομάζα (kg ha <sup>-1</sup> )						
	N <sub>0</sub>	293	1461	5668	9694	14370
	N <sub>8</sub>	308	1935	6241	11914	16092
Λ	N <sub>16</sub>	413	3550	7808	13520	17782
	N <sub>24</sub>	455	3700	8439	13871	18404
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	29.0	436.0	438.0	874.0	662.0
	K	351	2548	6755	11614	16384
M	E	450	3000	8012	15601	17914
	M	300	2436	6350	9535	15539
	ΕΣΔ <sub>(0,05)</sub>	19.5	225.0	413.0	1332.0	943.0
	CV (%)	15.0	10.0	12.0	12.0	14.0

#### 3.3.2.4. LAI

Στατιστικά σημαντική διαφορά στις τιμές του δείκτη φυλλικής επιφάνειας καθ' όλη τη διάρκεια ανάπτυξης του φυτού, όπως αυτό επιβεβαιώνεται και από τις ΕΣΔ<sub>0,05</sub> (Πιν. 3.3.2., Σχήμα 3.3.4.). Και για τις δύο περιοχές το μέγιστο της τιμής του LAI κυμάνθηκε περίπου στα ίδια επίπεδα (4.5 και 4.96 στη Λάρισα έναντι 4.29 και 3.5 στα Τρίκαλα για τα έτη 2008, 2009 αντίστοιχα). Η χλωρή λίπανση, η ανόργανη αζωτούχος λίπανση καθώς και ο συνδυασμός τους επιτάχυνε την κλειστή φυλλοστοιβάδα και συγκριτικά νωρίτερα στο αργιλώδες έδαφος της Λάρισας, έναντι του αμμώδους των Τρικάλων (Efthimiadou *et al.*, 2010). Η παροχή N επηρέασε σημαντικά τον LAI ( $P < 0.05$ ). Επίσης οι Cheruiyot *et al.* (2001) επιβεβαιώνουν την αύξηση του LAI του αραβοσίτου μετά από μεταχείριση ενσωμάτωσης ψυχανθών, συμπεριλαμβανομένου και του μπιζελιού καθώς και μετά από συνδυασμό ανόργανης και οργανικής λίπανσης. Η καλλιέργεια διατήρησε κλειστή φυλλοστοιβάδα, για την περίπτωση της ενσωμάτωσης, μεγαλύτερο χρονικό διάστημα έναντι των άλλων δύο μεταχειρίσεων του ψυχανθούς με τιμές  $4.5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  (ενσωμάτωση) έναντι  $3.5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  του μάρτυρα.



**Σχήμα 3.3.3.** Μεταβολή του LAI (m<sup>2</sup>/ m<sup>2</sup>) με τη θερμική ηλικία του αραβοσίτου (°C-d) για τις διαφορετικές μεταχειρίσεις ψυχανθούς και για δύο επίπεδα λίπανσης (N<sub>0</sub> και N<sub>15</sub>), στη Λάρισα και τα Τρίκαλα (2008-2009). Οι κάθετες μπάρες απεικονίζουν τη μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα (για LSD<sub>0,05</sub>).

**Πίν. 3.3.2.** Ειδική φυλλική επιφάνεια (SLA, kg/m<sup>2</sup>) και LAI (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) του αραβοσίτου για 4 επίπεδα Ν-χου λίπανσης και 3 μεταχειρίσεις ψυχανθούς στους πειραματικούς αγρούς Λάρισας και Τρικάλων (2008, 2009). [Λ: Ν<sub>0</sub>:0, Ν<sub>8</sub>:8, Ν<sub>16</sub>:16 και Ν<sub>24</sub>:24 kg Ν/στρ, Μ: Κ=συγκομιδή καρπού, Ε=ενσωμάτωση, Μ = μάρτυρας).

**Λάρισα 2008 (φύτρωμα 13/6/2008)**

JD		199	209	225	248
278ΗΜΦ		33	43	59	82
LAI					
	N <sub>0</sub>	0.48	0.7	3.5	1.05
	N <sub>8</sub>	0.49	0.8	3.7	1.32
Λ	N <sub>16</sub>	0.6	0.8	4.1	1.6
	N <sub>24</sub>	0.6	0.8	4.2	1.6
	<i>ΕΣΛ</i> <sub>(0,05)</sub>	ns	ns	0.012	0.02
	K	0.6	0.75	3.7	1.45
Μ	E	0.64	0.82	4.51	1.7
	M	0.4	0.73	3.5	1.04
	<i>ΕΣΛ</i> <sub>(0,05)</sub>	ns	0.007	0.011	0.01
	CV(%)	6.3	4.0	6.0	1.1

**Λάρισα 2009 (φύτρωμα 19/6/2009).**

JD		193	208	222	249
ΗΜΦ		23	38	52	79
LAI					
	N <sub>0</sub>	0.28	1.8	3.27	2.1
	N <sub>8</sub>	0.25	2.1	4.4	2.4
Λ	N <sub>16</sub>	0.28	2.6	4.7	2.5
	N <sub>24</sub>	0.31	2.9	3.5	2.5
	<i>ΕΣΛ</i> <sub>(0,05)</sub>	0.02	0.18	0.16	0.12
	K	0.29	2.5	3.7	2
Μ	E	0.31	2.9	4.3	3
	M	0.24	1.7	3.2	1.3
	<i>ΕΣΛ</i> <sub>(0,05)</sub>	0.012	0.12	0.107	0.09
	CV(%)	6.0	2.0	4.0	6.0

(Συνέχεια) Πίν. 3.3.2.

**Τρίκαλα 2008 (φύτρωμα 25/6/2008)**

JD		199	213	226	251
ΗΜΦ		22	36	49	74
LAI					
	N <sub>0</sub>	0.2	1.5	3	1.1
	N <sub>8</sub>	0.2	1.6	3.2	1.2
Λ	N <sub>16</sub>	0.25	2	4	1.5
	N <sub>24</sub>	0.25	2.3	4.9	1.6
	<i>EΣΔ</i> <sub>(0,05)</sub>	0.005	0.3	0.5	0.015
	K	0.23	1.8	3.3	1.3
M	E	0.25	2.3	4.3	2
	M	0.19	1.4	2.7	0.78
	<i>EΣΔ</i> <sub>(0,05)</sub>	0.007	0.016	0.29	0.012
	CV(%)	6.6	2.5	2.9	3.0

**Τρίκαλα 2009 (φύτρωμα 21/6/2009).**

JD		195	209	223	250
ΗΜΦ		24	38	52	79
LAI					
	N <sub>0</sub>	0.2	1.5	2.8	1.1
	N <sub>8</sub>	0.21	1.6	3.2	1.2
Λ	N <sub>16</sub>	0.25	2	4.2	1.5
	N <sub>24</sub>	0.25	2.2	5	1.6
	<i>EΣΔ</i> <sub>(0,05)</sub>	0.01	0.17	0.21	0.001
	K	0.23	1.8	3.4	1.35
M	E	0.25	2.3	4.8	2
	M	0.2	1.45	2.9	0.8
	<i>EΣΔ</i> <sub>(0,05)</sub>	0.011	0.1	0.01	0.1
	CV(%)	7.5	4.5	7.7	4.5

### 3.3.1.5. Όργανα καρποφορίας

Οι μεγαλύτερες τιμές των μέσων όρων παρατηρούνται στις μεταχειρίσεις N18 και N24, και στις δύο περιοχές και τα δύο έτη. όπου σημειώνεται αύξηση της απόδοσης σε σπόρο περί τα 26-530 kg/ha. Σημαντική είναι επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην απόδοση σε σπόρο του αραβοσίτου, διότι η παράμετρος αυτή έχει σχέση με τη χρονική περίοδο συσσώρευσης αφομοιωτικών προϊόντων και τη διάρκειά της, καθώς και την απορρόφηση του αζώτου (Ma *et al.*, 2005; Sims *et al.*, 1998).

Μεταξύ των μεταχειρίσεων του ψυχανθούς φαίνεται στατιστικά σημαντική υπεροχή της ενσωμάτωσης έναντι της συγκομιδής του μπιζελιού και του μάρτυρα. Με τα αποτελέσματα της έρευνας έρχονται σε συμφωνία και τα αποτελέσματα των Aita *et al.* (2004), με 98% αύξηση παραγωγής σε σχέση με το μάρτυρα –σε αμειψισπορά με μπιζέλι, καθώς και των Ross & Aita (1996). Επίσης, τα αποτελέσματα συμφωνούν απόλυτα με εκείνα των Bahl & Pasricha (2000) καταδεικνύοντας την υπεροχή της ενσωμάτωσης του μπιζελιού στην αύξηση της παραγωγής του αραβοσίτου κατά 35% έναντι του μάρτυρα. Ανάλογα αποτελέσματα καταγράφηκαν και από τους Wang *et al.* (2007). Ο Ma *et al.*, (2005) αποδίδει υψηλότερη παραγωγή αραβοσίτου στην ενσωμάτωση ψυχανθούς από ότι στο μάρτυρα (μονοκαλλιέργεια) στη μηδενική λίπανση. Επίσης, οι Idikut και οι συνεργάτες του (2009) αναφέρουν αύξηση στις αποδόσεις καρπού και στις παραμέτρους των οργάνων καρποφορίας.

Θετική ήταν η επίδραση της αμειψισποράς του ψυχανθούς και κυρίως της χλωρής λίπανσης στις αποδόσεις σε ξηρό σπόρο που έφθασαν στην περίπτωση της ενσωμάτωσης του μπιζελιού τα 7.300 και 8.210 kg/ha το 2008 και τα 9.750 και 8.330 kg/ha το 2009 για τις περιοχές Λάρισας και Τρικάλων, αντίστοιχα. Οι βροχές που έπεσαν νωρίς το Σεπτέμβριο 2008 (περίπου 80 mm) φαίνεται ότι βοήθησαν το γέμισμα του σπόρου μέχρι την έναρξη της φυσιολογικής ωρίμανσης του φυτού. Επομένως, αναλόγως τη χρονιά, η ενσωμάτωση μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της απόδοσης έως 100% (366 kg/ha). Οι παραγωγές στη Λάρισα το 2009 ήταν υψηλότερες από το 2008, και αυτό ίσως να οφείλονται στον καλύτερο εμπλουτισμό του εδάφους λόγω της συνεχόμενης καλλιέργειας του μπιζελιού (τρίτο έτος) και στο μεγαλύτερο ποσοστό ορυκτοποίησης των φυτικών υπολειμμάτων της καλλιέργειας (ποσοστό N την περίοδο της ενσωμάτωσης το 2009 στο σύνολο των υπέργειων

φυτικών τμημάτων 23.25% έναντι 22% το 2008) Σε συμφωνία έρχονται και τα αποτελέσματα των Onim και των συνεργατών του (1990). Οι διαφορές στην απόδοση σε σπόρο φαίνεται να μην επηρεάστηκαν σημαντικά από άλλα χαρακτηριστικά, όπως α) ο αριθμός σπόρων ανά σπάδικα (που κυμάνθηκε ευρέως μεταξύ 488 και 608,  $MO=\pm 550$ ), β) ο δείκτης συγκομιδής που κυμάνθηκε περί το  $MO=0.50$  ( $CV=5,5\%$ ), και γ) ο λόγος ξηρού βάρους σπόρου/σπάδικα που κυμαίνεται περί το 0,70 χωρίς στατιστικά σημαντικές αποκλίσεις.

**Πιν. 3.3.5. Μετρημένες παράμετροι συγκομιδής αραβοσίτου**

**Λάρισα 2008.**

	(J.d 278) ΗΜΦ 112	Βάρος ξηρού σπόρου (kg/ha)	Συνολικό ξ.β. σπάδικα (kg/ha)	Αριθμός σπόρων	Μήκος σπάδικα (cm)	ξ.β. σπόρου / ξ.β. σπάδικα	Δείκτης συγκομιδής
	<b>N<sub>0</sub></b>	6720	8300	488	24	0.82	0.44
	<b>N<sub>8</sub></b>	7546	9200	509	24	0.83	0.44
<b>Λ</b>	<b>N<sub>16</sub></b>	8156	9875	547	25	0.84	0.44
	<b>N<sub>24</sub></b>	9226	11025	574	27	0.84	0.47
	<b>ΕΣΔ<sub>(0.05)</sub></b>	125.0	280.0	14.0	ns	ns	ns
	<b>K</b>	8100	9900	557	25	0.83	0.46
<b>M</b>	<b>E</b>	9772	11250	592	29.5	0.85	0.47
	<b>M</b>	6135	7650	440	20	0.82	0.42
	<b>ΕΣΔ<sub>(0.05)</sub></b>	98.0	210.0	10.0	0.55	0.01	0.02
	<b>CV(%)</b>	6.2	7.0	3.0	6.0	2.5	3.0



(Συνέχεια) Πιν. 3.3.5. Μετρημένες παράμετροι συγκομιδής αραβοσίτου

Λάρισα 2009.

	(J.d 278) ΗΜΦ 112	Βάρος ξηρού σπόρου (kg/ha)	Συνολικό ξ.β. σπάδικα (kg/ha)	Αριθμός σπόρων	Μήκος σπάδικα (cm)	ξ.β. σπόρου / ξ.β. κεφαλής	Δείκτης συγκομιδής
	N <sub>0</sub>	8150	9452	515	23	0.82	0.48
	N <sub>8</sub>	9066	10437	545	23	0.82	0.49
Λ	N <sub>16</sub>	10146	11735	568	24	0.84	0.52
	N <sub>24</sub>	10400	12000	601	28	0.84	0.51
	ΕΣΔ <sub>(0.05)</sub>	820	940	26.0	ns	n s	ns
	K	8925	10809	596	23	0.82	0.48
M	E	11750	13781	614	31	0.85	0.56
	M	7647	8128	467	18	0.82	0.44
	ΕΣΔ <sub>(0.05)</sub>	502.0	782.5	38.0	0.64	ns	0.004
	CV(%)	5.3	9.0	7.0	6.2	1.5	8.0

(Συνέχεια) Πιν. 3.3.5. Μετρημένες παράμετροι συγκομιδής αραβοσίτου

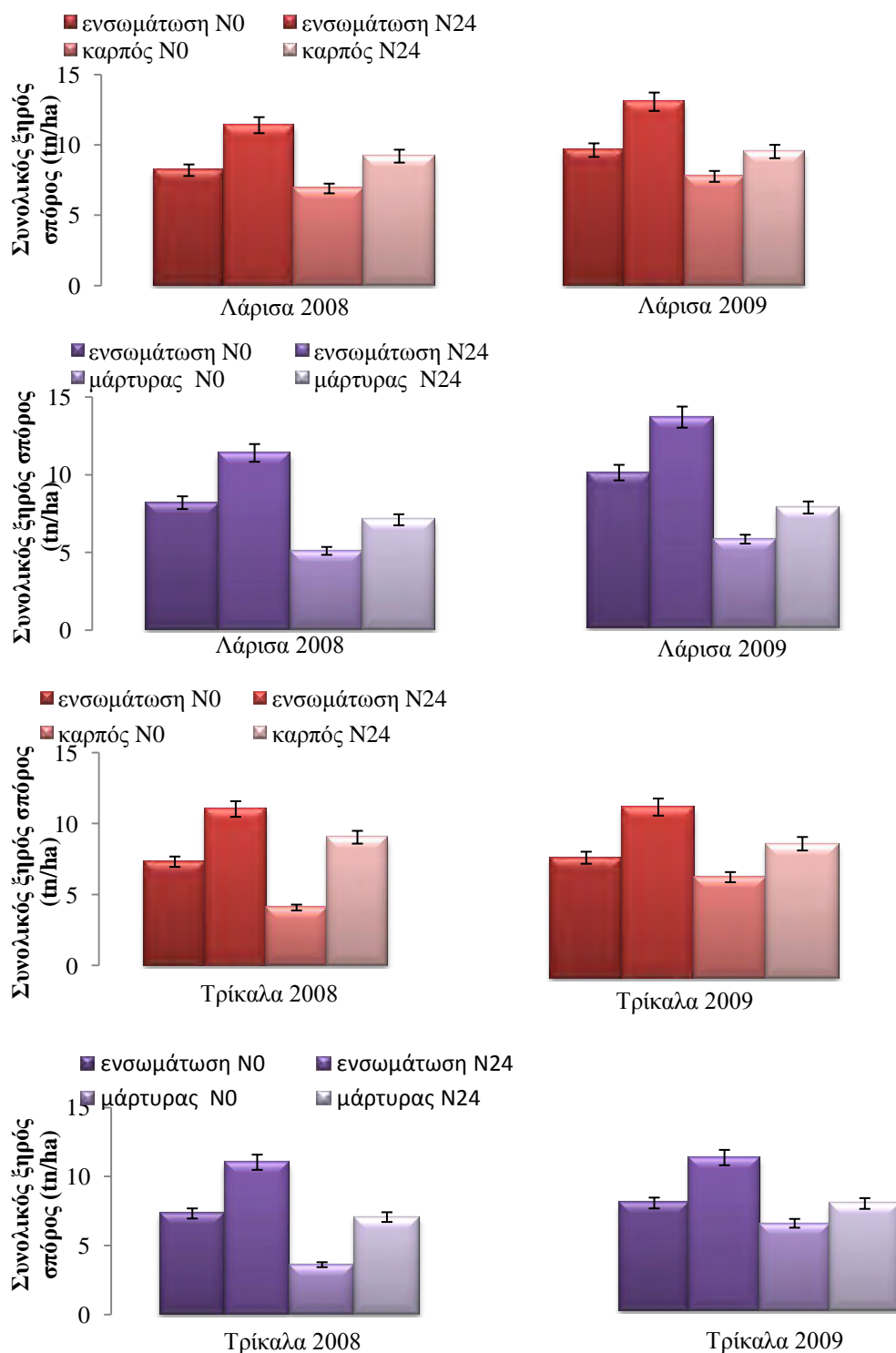
Τρίκαλα 2008

	(J.d 278) ΗΜΦ 112	Βάρος ξηρού σπόρου (kg/ha)	Συνολικό ξ.β. σπάδικα (kg/ha)	Αριθμός σπόρων	Μήκος σπάδικα (cm)	ξ.β. σπόρου / ξ.β. σπάδικα	Δείκτης συγκομιδής
	N <sub>0</sub>	4967	6450	416	22	0.76	0.42
	N <sub>8</sub>	5927	7713	413	23	0.79	0.48
Λ	N <sub>16</sub>	6963	9925	477	24	0.83	0.56
	N <sub>24</sub>	7030	10738	508	27	0.83	0.57
	ΕΣΔ <sub>(0.05)</sub>	640.0	545.0	30.0	ns	ns	0.047
	K	5353	8306	464	24	0.80	0.50
M	E	8559	10922	490	29	0.84	0.56
	M	4752	6891	406	20	0.79	0.45
	ΕΣΔ <sub>(0.05)</sub>	149.0	140.0	25.0	4.84	ns	0.005
	CV(%)	10.0	9.0	9.0	4.1	13.0	8.0

(Συνέχεια) Πιν. 3.3.5. Μετρημένες παράμετροι συγκομιδής αραβοσίτου

Τρίκαλα 2009.

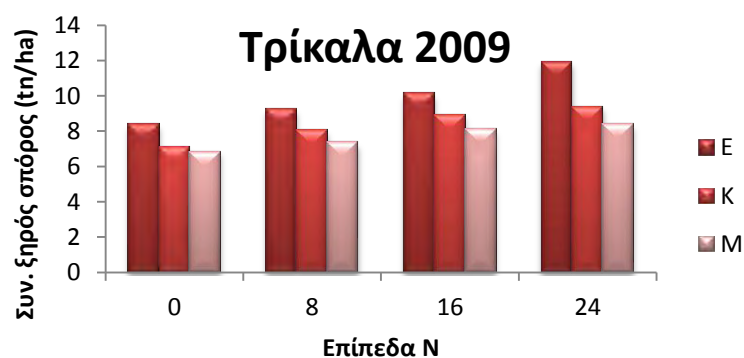
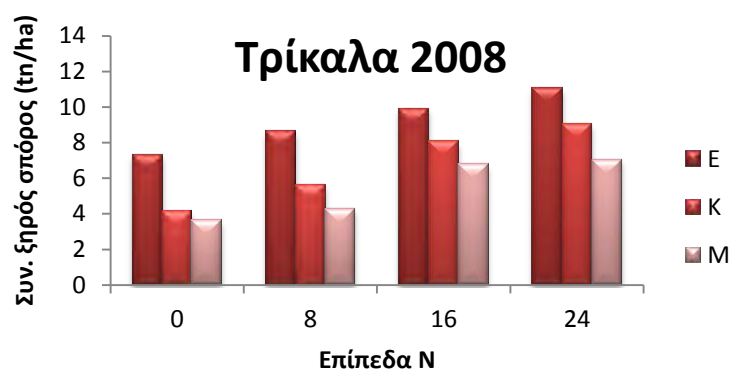
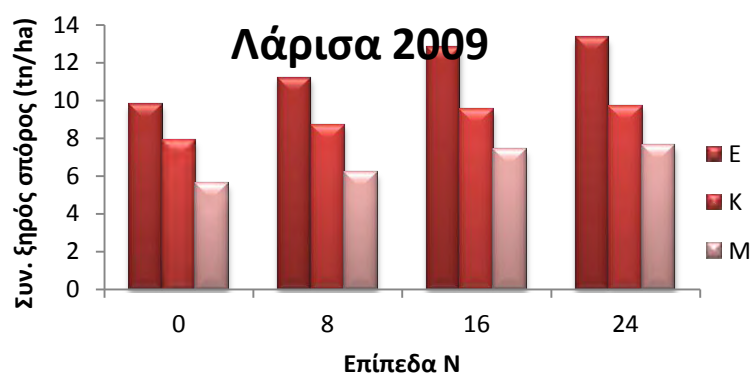
	(J.d 278) ΗΜΦ 112	Βάρος ξηρού σπόρου (kg/ha)	Συνολικό ξ.β. σπάδικα (kg/ha)	Αριθμός σπόρων	Μήκος σπάδικα (cm)	ξ.β. σπόρου / ξ.β. κεφαλής	Δείκτης συγκομιδής
	N <sub>0</sub>	6540	9000	430	20	0.83	0.52
	N <sub>8</sub>	7547	9850	464	22	0.84	0.49
Λ	N <sub>16</sub>	8997	10815	496	23	0.84	0.50
	N <sub>24</sub>	9530	11663	513	23	0.85	0.53
	ΕΣΔ <sub>(0.05)</sub>	340.0	285.0	21.0	1.15	ns	ns
	K	7576	10097	449	22	0.83	0.51
M	E	10164	11824	608	26	0.84	0.53
	M	6720	9075	369	18	0.85	0.49
	ΕΣΔ <sub>(0.05)</sub>	108.0	220.0	12.0	0.81	ns	0.008
	CV(%)	9.0	11.0	3.0	7.0	8.0	11.0



**Σχήμα 3.3.4.** Συνολική παραγωγή σπόρου αραβοσίτου για τις δύο διαφορετικές μεταχειρίσεις ψυχανθούς (E= ενσωμάτωση, K = συγκομιδή καρπού) και για δύο επίπεδα λίπανσης (N<sub>0</sub> και N<sub>10</sub>), σε σχέση με το M<sub>0</sub> = μάρτυρα, στη Λάρισα και τα Τρίκαλα και τα δύο έτη (2008-2009). Οι κάθετες μπάρες απεικονίζουν τη μέση τιμή ± τυπικό σφάλμα (για LSD<sub>0,05</sub>).

Το βάρος ξηρού σπόρου δεν έφθασε το δυναμικό παραγωγής σε καμία από τις δύο περιοχές, με τελικές παραγωγές να κυμαίνονται στα 11.750 και 7.648 kg ha<sup>-1</sup> στη Λάρισα για την ενσωμάτωση και το μάρτυρα, αντίστοιχα, και στα 10.108 και 6.650 kg ha<sup>-1</sup> για ενσωμάτωση και μάρτυρα στα Τρίκαλα, το τελευταίο έτος πειραματισμού (2009). Η μεγαλύτερη διαθεσιμότητα N κατέγραψε και μεγαλύτερες παραγωγές σπόρου, με καλύτερα αποτελέσματα στην εισροή των 24 μονάδων N. Με τα αποτελέσματα της έρευνας έρχονται σε συμφωνία και τα αποτελέσματα των Aita *et al.*, (2004), με 98% αύξηση παραγωγής σε σχέση με το μάρτυρα –σε αμεινισπορά με μπιζέλι, καθώς και των Ross & Aita, (1996). Επίσης, τα αποτελέσματα συμφωνούν απόλυτα με εκείνα των Bahl & Pasricha (2000) καταδεικνύοντας την υπεροχή της ενσωμάτωσης του μπιζελιού στην αύξηση της παραγωγής του αραβοσίτου κατά 35% έναντι του μάρτυρα. Ανάλογα αποτελέσματα καταγράφηκαν και από τους Wang *et al.*, (2007).

Η παραγωγή σπόρου αραβοσίτου συνδέεται άμεσα με τον αριθμό σπόρων ανά σπάδικα και σε μικρότερο βαθμό με το βάρος του σπόρου, χαρακτηριστικό το οποίο δεν συνδέεται άμεσα με γεωργικές και περιβαλλοντικές μεταβλητές. Είναι παραδεκτό ότι ο ρυθμός αύξησης κοντά στην άνθηση συμβάλλει τα μέγιστα στην παραλλακτικότητα του αριθμού σπόρων ανά σπάδικα και φυτό από ότι ο ρυθμός αύξησης την περίοδο του γεμίσματος του σπόρου (Andrade *et al.*, 1999, 2002; Vega *et al.*, 2001; Gambin *et al.*, 2006). Βελτιώνοντας τις συνθήκες κατά τη διάρκεια αύξησης του βλαστικού κύκλου έως και την άνθηση, και χορηγώντας επιπρόσθετη αζωτούχα λίπανση, αυξάνεται το δυναμικό του για καλύτερο γέμισμα του σπόρου (Melchiori & Caviglia, 2008). Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με αυτά του τριετούς μας πειραματισμού, όπως επί παραδείγματι μεταξύ των μεταχειρίσεων της ενσωμάτωσης του μπιζελιού και του μάρτυρα (Λάρισα 2009) υπάρχει διαφορά βάρους περί το 34% και μεταξύ του μάρτυρα και της ανόργανης λίπανσης στο επίπεδο N<sub>24</sub> περί το 21.7%. Ο αριθμός σπόρων κυμάνθηκε από 369 (Τρίκαλα 2009 στη μεταχείριση του μάρτυρα) και έφθασε τους 615 (Λάρισα 2009 στη μεταχείριση της ενσωμάτωσης). Οι Melchiori & Caviglia (2008) κατέγραψαν για επίπεδα αζωτούχου λίπανσης 50 και 200 kg ha<sup>-1</sup>, διαφορά στο ρυθμό αύξησης σπόρων της τάξης του 6-8%, αποτέλεσμα ανάλογο των παραπάνω ευρημάτων. Επίσης, οι Cheruiyot *et al.*, (2001) κατέγραψαν παραγωγή σπόρου αραβοσίτου, μετά από ενσωμάτωση ψυχανθών συμπεριλαμβανομένου και του μπιζελιού, της τάξης του 24-68% υψηλότερη από προηγούμενα αγρανάπωση.



**Σχήμα 3.3.5.** Συνολικός ξηρός σπόρος αραβοσίτου με τρεις διαφορετικές μεταχειρίσεις ψυχανθούς (E= ενσωμάτωση, K = συγκομιδή καρπού) και τέσσερα επίπεδα λίπανσης ( $N_0$ ,  $N_5$ ,  $N_{10}$ ,  $N_{15}$ ), στις περιοχές Λάρισα και Τρίκαλα και τα έτη 2008 και 2009.

Ο δείκτης συγκομιδής έδωσε καλύτερα αποτελέσματα και για τις δύο περιοχές το έτος 2009. Για τη Λάρισα, στη μεταχείριση της ενσωμάτωσης έφθασε την τιμή 0.57 και τα Τρίκαλα την τιμή 0.53. Όσον αφορά στα επίπεδα της αζωτούχου λίπανσης, η παράμετρος HI βρίσκεται σε άμεση σχέση με υψηλή εισροή αζώτου, υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης μέχρι το στάδιο της άνθησης, καθώς σχετίζεται και με το ποσοστό υγρασίας (Bilalis *et al.*, 2012; Melchiori & Caviglia 2008).

Στα πιο γόνιμα, αργιλώδη εδάφη (Λάρισα), η αμειψισπορά δίνει σαφή πλεονεκτήματα όσον αφορά στον οργανικό άνθρακα και στις ενζυματικές δραστηριότητες και έχουν σχέση με το ποσοστό της εδαφικής οργανικής ουσίας καθώς και το ολικό ποσοστό N.

## 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

---

### 4.1. Ηλίανθος

- Ύψος : Μέγιστες τιμές τέλη Αυγούστου – αρχές Σεπτεμβρίου. Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στις διαφορετικές λιπάνσεις και μεταχειρίσεις, με τα καλύτερα αποτελέσματα να προκύπτουν στο επίπεδο λίπανσης  $N_{15}$  και τη μεταχείριση της ενσωμάτωσης.
- Φύλλα – Βλαστοί : Αύξηση της ξηρής βιομάζας φύλλων και βλαστών με την αύξηση των μονάδων αζωτούχου λίπανσης. Οι μέγιστες τιμές παρατηρούνται στη μεταχείριση της ενσωμάτωσης και με επίπεδο λίπανση  $N_{15}$ .
- Ολική ξηρή βιομάζα : Δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιπέδων λίπανσης  $N_{10}$  και  $N_{15}$ , όμως είναι καταφανές ότι τα φυτά έχουν την ικανότητα να προσλαμβάνουν περισσότερο από το απαιτούμενο για την αύξησή τους άζωτο, το οποίο και αποθηκεύουν στους ιστούς.
- LAI : Η τιμή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), φαίνεται να παρουσιάζει μια σημαντική υπεροχή στη μεταχείριση της ενσωμάτωσης και με επίπεδο λίπανση  $N_{15}$ .
- Όργανα καρποφορίας : Θετική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην απόδοση σε σπόρο ηλίανθου με εφαρμογές 10-15 μονάδων N. Οι διαφορές στην απόδοση σε σπόρο δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από άλλα χαρακτηριστικά όπως α) ο αριθμός σπόρων ανά κεφαλή και β) ο δείκτης συγκομιδής και γ) ο λόγος ξηρού βάρους σπόρου/κεφαλής που δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Είναι πολύ σημαντικό ότι στα ελαφρύτερα (αμμώδη) εδάφη όπως αυτό των Τρικάλων μπορεί να επιτευχθούν σημαντικές αποδόσεις σε σπόρο και συνολική βιομάζα με



μόνο μικρές εφαρμογές αζωτούχου λιπάσματος εφόσον υιοθετηθεί η καλλιεργητική πρακτική της αμειψισποράς, και ιδιαίτερα εκείνη της χλωρής λίπανσης με χρήση ψυχανθών και ειδικότερα του μπιζελιού. Ενώ στα πιο γόνιμα, αργιλώδη εδάφη (Λάρισα), η αμειψισπορά δίνει σαφή πλεονεκτήματα όσον αφορά στον οργανικό άνθρακα και στις ενζυματικές δραστηριότητες και έχουν σχέση με το ποσοστό της εδαφικής οργανικής ουσίας καθώς και το ολικό ποσοστό N.

Για τη μονοκαλλιέργεια ηλίανθου, λίπανση με 10 μονάδες N επαρκεί για τη βέλτιστη απόδοση, ενώ στην περίπτωση της αμειψισποράς με μπιζέλι η απαιτούμενη εφαρμογή για μέγιστη απόδοση δεν ξεπερνά τις 5 μονάδες .

Η σημαντική επίδραση της χλωρής λίπανσης στις παραμέτρους αύξησης και ανάπτυξης του ηλίανθου υποδεικνύει την καλλιέργεια ως συγκριτικό πλεονέκτημα στα συστήματα αμειψισποράς με χαμηλές εισροές αζώτου.

#### 4.2.Αραβόσιτος

- Ύψος : Σημαντικές διαφορές παρατηρούνται στις διαφορετικές λιπάνσεις και μεταχειρίσεις, με τα καλύτερα αποτελέσματα να προκύπτουν στο επίπεδο λίπανσης N<sub>24</sub> και τη μεταχείριση της ενσωμάτωσης.
- Φύλλα – Βλαστοί : Και για τα δύο έτη και για τις δύο περιοχές διεξαγωγής των πειραμάτων παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση των μεταχειρίσεων του μπιζελιού ( $P < 0.05$ ). Ο αραβόσιτος λόγω των υψηλών αναγκών του σε άζωτο, εκμεταλλεύτηκε πλήρως τα 240 kg ha<sup>-1</sup> και έδειξε σημαντική υπεροχή έναντι των μικρότερων μονάδων αζώτου.
- Ολική ξηρή βιομάζα : Σημαντική ήταν η επίδραση των επεμβάσεων με ψυχανθή και ιδιαίτερα εκείνης της χλωρής λίπανσης αλλά και της εφαρμογής ανόργανης αζωτούχου λίπανσης στα επίπεδα των 24 μονάδων N στο στρέμμα στη συνολική παραγωγή της ολικής ξηρής βιομάζας.

- LAI : Η τιμή του δείκτη φυλλικής επιφάνειας (LAI), επηρεάζεται από τη χλωρή λίπανση, την ανόργανη αζωτούχο λίπανση καθώς και το συνδυασμό αυτών. Επίσης παροχή N επηρέασε σημαντικά τον LAI ( $P < 0.05$ ).
- Όργανα καρποφορίας : Θετική επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στην απόδοση σε σπόρο αραβοσίτου με εφαρμογές 16-24 μονάδων N. Οι διαφορές στην απόδοση σε σπόρο δεν επηρεάστηκαν σημαντικά από άλλα χαρακτηριστικά όπως α) ο αριθμός σπόρων ανά σπάδικα και β) ο δείκτης συγκομιδής και γ) ο λόγος ξηρού βάρους σπόρου/σπάδικα που δεν παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά.

Λόγω έλλειψης αρδευτικού νερού στη Θεσσαλία, η καλλιέργεια αραβοσίτου με χαμηλές εισροές αποτελεί μονόδρομο στην ανατολική πεδιάδα της Λάρισας.

Οι παραδοσιακές ενεργοβόρες μονοκαλλιέργειες είναι πλέον περιβαλλοντικά και οικονομικά ασυμβίβαστες, ενώ οι αμειψισπορές με ψυχανθή μπορούν να αποτελέσουν πολύ σημαντική πρόταση για αειφορική και οικονομικά βιώσιμη παραγωγή.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξενόγλωσση

- Albrizio R and Steduto P., 2005. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea I. Radiation use efficiency. *Agric. & Forest Meteorology*, 130: 254-268.
- Al-Kaisi M.M., Yin X., 2004. Stepwise time response of corn yield and economic return to no tillage. *Soil Tillage Res.*, 78: 91–101.
- Allmaras R.R., Linden D.R., Clapp C.E., 2004. Corn-residue transformations into root and soil carbon as related to nitrogen, tillage, and stover management. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 68: 1366–1375.
- Archontoulis SV, Danalatos NG, Struik PC, Tsalikis D. 2007. Irrigation and N-fertilization effects on the growth and productivity of sunflower in an aquic soil in central Greece. In: *Proceedings of the 15<sup>th</sup> European Biomass Conference*, Berlin, Germany, p. 413–416.
- Archontoulis SV, Vos J, Yin X, Bastiaans L, Danalatos NG, Struik PC. 2011. Temporal dynamics of light and nitrogen vertical distributions in canopies of sunflower, kenaf and cynara. *Field Crops Research* 122: 186–198.
- Ashraf M., Mahmood T., Azam F., Qureshi R.M., 2004. Comparative effects of applying leguminous and non-leguminous green manures and inorganic N on biomass yield and nitrogen uptake in flooded rice (*Oryza sativa* L.). *Biol. Fert. Soils*, 40: 147–152.
- Ashraf, M., Mahmood, T., Azam, F., Qureshi, R.M., 2004. Comparative effects of applying leguminous and non-leguminous green manures and inorganic N on biomass yield and nitrogen uptake in flooded rice (*Oryza sativa* L.). *Biol. Fert. Soils* 40, 147–152.
- Ayers R.S., Westcot D. W., 1985. Water quality for agriculture. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 29 Rev.1. Rome, Italy.
- Francois L.E., 1996. Salinity effect on the four sunflower hybrids. *Agron. J.*, 88: 215-219.
- Bavec F. and Bavec M., 2002. Effects of plant population on leaf area index, cob characteristics and grain yield of early maturing maize hybrids (FAO 100–400). *European Journal of Agronomy*, 16: 151–159.
- Birch, C.J., Andrieu, B., Fournier, C., Vos, J., Room, P., 2003. Modelling kinetics of plant canopy architecture – concepts and applications. *Eur. J. Agron.*, 19: 519–533.
- Birch, C.J., Rickert, K.G., Hammer, G.L., 1998. Modelling leaf production and crop development in maize (*Zea mays* L.) after tassel initiation under diverse conditions of temperature and photoperiod. *Field Crops Res.*, 58: 81–95.
- Burton, J.W., J.F. Miller, B.A. Vick, R. Scarth, and C.C. Holbrook. 2004. Altering fatty acid composition of sunflower oil. *Adv. Agron.*, 84: 273-306.
- Campbell C.A., Mc Conkey B.G., Zentner R.P., Sellers F., Curtin D., 1996. Long-term effects of tillage and crop rotation on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan. *Can. J. Soil. Sci.*, 76: 395–401.
- Cechin I., Fatima Fumis T. 2004. Effect of nitrogen supply on growth and photosynthesis of sunflower plants grown in the green house *Ciencias Biologicas*,

- Cereal Institute Irrigation of corn, Cereal Institute of Thessaloniki, Thessaloniki, 2004.
- Cheng W., Kuzyakov Y., 2005. Root effects on soil organic matter decomposition. In: Zobel, R.W., Wright, S.F. (Eds.), *Roots and Soil Management: Interactions between Roots and the Soil*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 119–143.
- Cirilo A.G., Andrade F.H., 1994. Sowing date and maize productivity. II. Kernel number determination. *Crop Sci.*, 34: 1044–1046.
- Combe, L., Escobar-Gutiérrez, A.J., 2009. Sénescence d'un pied de maïs: évolution de la floraison à la récolte. *Can. J. Bot.*, 87: 1036–1053.
- Conor, D.J., Sandras, V.O., 1992. Physiology of yield expression in sunflower. *Field Crop Res.*, 30: 333–389.
- Coulombe C.E., Wilding L.P., Dixon J.B., 1996. Overview of Vertisols: characteristics and impacts on society. *Adv. Agron.* 57: 289–375.
- Cox W.J., Zobel R.W., van Es H.M., Otis D.J., 1990. Tillage effects on some soil physical and corn physiological characteristics. *Agron. J.*, 82: 806–812.
- Crowley J.G., 1998. Improving the yield and quality of forage maize. End of Project Report 4162. Oak Park, Carlow, Ireland: Teagasc.
- Danalatos N.G., Archontoulis S.V., Geronikolou L., Papadakis G, 2005. Biomass Conference and Exhibition : Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Proceedings of the 14<sup>th</sup> European Biomass Conference, 17-21 October Paris, pp. 308–311.
- Danalatos NG , Archontoulis SV, Geronikolou L, Papadakis G, 2005. Biomass and seed yield of sunflower as alternative energy crop in Greece. 14<sup>th</sup> European Biomass Conference, 17-21 October Paris, France, pp.308–311.
- Danalatos NG, Archontoulis SV, Geronikolou L, Papadakis G, 2004. Potential growth and productivity of three Sunflower hybrids in a soil with aquic moisture regime in central Greek conditions. In : Van Swaalj, W.P.M, Fjalistrom, T., Helm, P., Grassi, A. (Ed.), *Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> World Biomass Conference, 10-14 May, Roma, Italy, pp.315–318.
- Dick W.A., McCoy E.L., Edwards W.M., Lal R., 1991. Continuous application of no-tillage to Ohio soils. *Agron. J.*, 83: 65–73.
- Ding, L., Wang, K.J., Jiang, G.M., Liu, M.Z., Niu, S.L., Gao, L.M., 2005. Post-anthesis changes in photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. *Field Crops Res.*, 93: 108–115.
- Dioudis P.S., Filintas, A.T. & Papadopoulos, A.H., 2009. Corn yield response to irrigation interval and the resultant savings in water and other overheads. *Irrigation and Drainage*, 58(1): 96–104.
- Easson D.L. and Fearnough W., 2000. Effects of plastic mulch, sowing date and hybrid on the yield and maturity of forage maize grown under marginal climatic conditions in Northern Ireland. *Grass and Forage Science*, 55: 221–231.
- Echarte, L., Rothstein, S., Tollenaar, M., 2008. The response of leaf photosynthesis and dry matter accumulation to nitrogen supply in an older and a newer maize hybrid. *Crop Sci.*, 48: 656–665.
- Espinoza Y., Lozano Z., Velasquez L., 2007. Tillage system and crop rotation effects on soil organic matter fractions. *Interciencia*, 32: 554–559.
- Fandrade, F.H. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field crops Res.*, 41: 1–12.

- FAO, 2009. Global agriculture towards 2050. In: FAO High-Level Expert Forum: How to Feed the World 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO, 2010. Sunflower, Crude and Refined Oil, Rome, Italy.
- FAOSTAT, 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Fapohunda H.O., Hossain M.M., 1990. Water and fertilizer interrelations with irrigated maize. *Agricultural Water Management*, 18(1): 49-61.
- Farrell A.D. and Gilliland T.J., 2011. Yield and quality of forage maize grown under marginal climatic conditions in Northern Ireland. *Grass and Forage Science*, 66: 214–223.
- Fernandez Martinez, J. and E. Alba, 1984. Breeding for oil and meal quality in sunflower. In: *Proc. Int. Symp. on Science and Bio- Technology for an Integral Sunflower Utilization*, Bari, Italy, pp. 75-97
- Ferreira A.M. and Abreu F.G., 2001. Description of development, light interception and growth of sunflower at two sowing dates and two densities *Mathematics and Computers in Simulation J.*, 56: 369-384.
- Filintas A.T., Dioudis, P., Hatzopoulos J., Karantounias G., 2008 .Corn Biomass Spatial Variability Modeling and Drip Irrigation Water Management Effects with the Use of GIS Techniques and Methods. In: HAICTA (Ed.), *Proc. of 4th International Conference HAICTA 2008 on: Information & Communication Technologies in Bio & Earth Sciences*, Athens, Greece, pp. 78-88.
- Fortin M.-C., Pierce F.J., 1990. Developmental and growth effects of crop residues on corn. *Agron. J.*, 82: 710–715.
- Franzluebbers A.J., Hons F.M., Zuberer D.A., 1995. Soil organic carbon, microbial biomass and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59: 460–466.
- Friedt, W, 1992. Present state and future prospects of biotechnology in sunflower breeding. *Fields Crop Res.*, 30:425-442
- Fuller M., Diamond, J., Applewhite, T. (1967), High oleic sunflower oil. Stability and chemical modification. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 44: 264-267.
- Gentry L.E., Below F.E., David M.B., Bergerou J.A., 2001. Source of the soybean N credit in maize production. *Plant Soil*, 236: 175–184.
- Geronikolou L, Archontoulis S.V., Danalatos NG, Papadakis G, Kyritsis S, 2005. Economic Opportunity for Seed Oil production in S. Europe by New Sunflower Varieties and under New C.A.P. Conditions. 14<sup>th</sup> European Biomass Conference and Exhibition Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. *Proceedings of the 14<sup>th</sup> European Biomass Conference*, 17-21 October Paris, pp. 1917-1920.
- Geronikolou L, Danalatos NG, Archontoulis SV, Kalavriotou P, Papadakis G, 2004. An experiment study of sunflower oil production in Greece to be used as an alternative fuel. In: Van Swaailj, W.P.M, Fjalistrom, T., Helm, P., Grassi, A. (Ed.), *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> World Biomass Conference*, 10–14 May, Roma, Italy, p 612–615.
- Gimenes, C., Connor, D.J., Rueda, F., 1994. Canopy, development, photosynthesis and radiation use efficiency in sunflower in response of nitrogen. *Field crops Res.*, 38: 15-27.
- Good A.G., Shrawat, A.K., Muench, D.G. 2004. Can less yield more? Is reducing input into the environment compatible with maintaining crop production? *Trends in Plant Science* 9: 597-605.

- Göskoy A.T., Demir A.O., Turan Z.M., Dagustu N., 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research* 187: 167–178.
- Goyne P.J., Hammer G.L., Woodruff D.R., 1982. Phenology of sunflower cultivars. I. Classification of responses. *Aust. J. Agric. Res.*, 33: 243–250.
- Gregersen, P.L., Holm, P.B., Krupinska, K., 2008. Leaf senescence and nutrient remobilisation in barley and wheat. *Plant Biol.*, 10: 37–49.
- Gregorich, E.G., Ellert, B.H., Drury, C.F., Liang, B.C., 1996. Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue carbon storage. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60: 72–476.
- Griffith D.R., Kladvik E.J., Mannering J.V., West T.D., Parsons S.D., 1988. Long-term tillage and rotation effects on corn growth and yield on high and low organic matter, poorly drained soils. *Agron. J.*, 80: 599–605.
- Griffith D.R., Mannering J.V., Galloway H.M., Parsons S.D., Richey C.B., 1973. Effect of eight tillage-planting systems on soil temperature, percent stand, plant growth, and yield of corn on five Indiana soils. *Agron. J.*, 65: 321–326.
- Hall A.J., Connor D., Sandras V.O., 1995. Radiation use efficiency of sunflower crops: effects of specific leaf nitrogen and ontogeny. *Field Crops Res.*, 41: 65–77.
- He, P., Osaki, M., Takebe, M., Shinano, T., 2003. Comparison of whole system of carbon and nitrogen accumulation between two maize hybrids differing in leaf senescence. *Photosynthetica* 41: 399–405.
- Heng, L.K., Hsiao, T., Evett, S., Howell, T., Steduto, P., 2009. Validating the FAO AquaCrop model for irrigated and water deficient field maize. *Agron. J.*, 101: 488–498.
- Hsiao, T.C., Heng, L., Steduto, P., Rojas-Lara, B., Raes, D., Fereres, E., 2009. AquaCrop – the FAO crop model to simulate yield response to water. III. Parameterization and testing for maize. *Agron. J.*, 101: 448–459.
- Hunt C.W., Kezar W. and Vinande R., 1989. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. *Journal of Production Agriculture*, 2: 357–361.
- Jakobsen, I. 1985. The role of phosphorus in nitrogen fixation by young pea plants (*Pisum sativum*). *Physiol. Plant.* 64, pp. 190–196.
- Jokela, W.E. and G.W. Randall. 1989. Corn yield and residual soil nitrate as affected by time and rate of nitrogen application. *Agron. J.* 81: 720–726.
- Kallivrousis L., Natsis A., Papadakis G., 2002. RD-Rural Development. The Energy Balance of Sunflower Production for Biodiesel in Greece. *Biosystems Engineering* 81(3): 347–354
- Kandeler E., Tschierko D., Spiegel H., 1999. Long-term monitoring of microbial biomass, N mineralisation and enzyme activities of a Chernozem under different tillage management. *Biol. Fert. Soils*, 28: 343–351.
- Kapusta G., Krausz R.F., Matthews J.L., 1996. Corn yield is equal in conventional, reduced, and no tillage after 20 years. *Agron. J.*, 88: 812–817.
- Kasturikrishna, S., and P.S. Ahlavat. 1999. Growth and yield response of pea (*Pisum sativum*) to moisture stress, phosphorus, sulphur and zinc fertilizers. *Indian J. Agron.* 44: 588–596.
- Katupitiya A., Eisenhauer D.E., Ferguson R.B., Spalding R.F., Roeth F.W., Bobier M.W., 1997. Long-term tillage and crop rotation effects on residual nitrate in the crop root zone and nitrate accumulation in the intermediate vadose zone. *Trans.*, 40: 1321–1327.

- Kaur A.<sup>a</sup>, Bedi S.<sup>a</sup>, Gill G.K.<sup>b</sup>, Kumar M.<sup>b</sup>, 2012. Effect of nitrogen fertilizers on radiation use efficiency, crop growth and yield in some maize (*Zea mays* L) genotypes. *Maydica*, 57(1): 75-82
- Keane G.P., 2002. Agronomic factors affecting the yield and quality of forage maize in Ireland: effect of sowing date and plastic film treatment. *Grass and Forage Science*, 57: 3–10.
- Keane G.P., Kelly J., Lordan S. and Kelly K., 2003. Agronomic factors affecting the yield and quality of forage maize in Ireland: effect of plastic film system and seeding rate. *Grass and Forage Science*, 58: 362–371.
- Kilman M.L. and Earle, F.R. (1964), Agronomic performance and chemical composition of the seed of sunflower hybrids and introduced varieties. *Crop Sci.*, 4: 417-420.
- Kiniry J.R., Blanshet R., Williams J.R., Texier V., Jones C.A., Cabelguenne M., 1992. Sunflower simulation using the EOIC and ALMANAC models. *Field Crops Res.*, 30: 403-423.
- Kladivko E.J., Griffith D.R., Mannering J.V., 1986. Conservation tillage effects on soil properties and yield of corn and soya beans in Indiana. *Soil Tillage Res.*, 8: 277– 287.
- Klopfensteina T.J.<sup>a,\*</sup>, Erickson G.E.<sup>a,1</sup>, Bergerb L.L.<sup>b,2</sup>, 2012. Maize is a critically important source of food, feed, energy and forage in the USA. *Field Crops*, 5849: 7
- Kong A.Y.Y., Six J., 2010. Tracing root vs. residue carbon into soils from conventional and alternative cropping systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 74: 1201–1210.
- Kumar, K, Goh, K.M. 2000. Biological nitrogen fixation, accumulation of soil nitrogen and nitrogen balance for white clover (*Trifolium repens* L.) and field pea (*Pisum sativum* L.) grown for seed. *Field Crops Res.*, 68: 49-59.
- Kuo S., Sainju U.M., Jellum E.J., 1997. Winter cover crop effects on soil organic carbon and carbohydrate. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61: 145–152.
- Ladizinsky, G.M. and Hymowitz, T. (1979) “Seed protein electrophoresis in taxonomic and evolutionary studies” *Theoretical and Applied Genetics* 54:680-685.
- Lagravere T., Champolivier L.D., Lacombe S., Kleiber D., Berville A., Dayde J., 2000. Effects of temperature variations on fatty acid composition in oleic sunflower oil (*Helianthus annuus* L.) hybrids. In *Procc. of 15th Intern. Sunflower Conf. Toulouse*, vol. I, A73-78.
- Lagravere, T., Kleiber, D., Dayde, J. (1998), *Performance agronomique et conduits culturales du tournesol oléique. Réalités et perspectives. Oléagineux Crops Gras Lipides*, 5 (6): 477-485.
- Lajara, J.R., U. Diaz, and R.D. Quidiello, 1990. Definite influence of location and climatic conditions on the fatty acid composition of sunflower oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 67: 618-623
- Lancashire P.D., Bleiholder, H., Langelüddecke, P., Stauss, R., van den Boom, T., Weber, E., Witzén-Bergera, A., 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*, 119: 561–601.
- Little E.M., O’kiely P., Crowley J.C. and Keane G.P., 2008. Forage maize yield and maturity: interaction of harvest date, plastic mulch and hybrid. *Proceedings of the Agricultural Research Forum, Tullamore, 2008*, p. 118.

- López-Bellido R.J., Fontana J.M., López-Bellido J., López-Bellido L., 2010. Carbon sequestration by tillage, rotation, and nitrogen fertilization in a Mediterranean Vertisol. *Agron. J.*, 102: 310–318.
- Lund M.G., Carter P.R., Oplinger E.S., 1993. Tillage and crop rotation affect corn, soybean, and winter wheat yields. *J. Prod. Agric.*, 6: 207–213.
- McCullough, D.E., Girardin, P., Mihajlovic, M., Aguilera, A., Tollenaar, M. 1994. Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and a new maize hybrid. *Can. J. Plant Sci.* 74: 471–477.
- Melero S., Lopez-Garrido R., Madejon E., Murillo J.M., Vanderlinden K., Ordonez R., Moreno F., 2009. Long-term effects of conservation tillage on organic fractions in two soils in southwest of Spain. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 133: 68–74.
- Melero, S., López-Bellido R., López-Bellido L., Muñoz-Romero V., Moreno F., Murillo J. 2011. Long-term effects of tillage, rotation and nitrogen fertilizer on soil quality in a Mediterranean Vertisol. *Soil & Tillage Research* 114 (2011) 97–107.
- Miller J.F., and Vick B.A., 1999. Inheritance of reduced stearic and palmitic acid content in sunflower oil. *Crop Sci.*, 27: 923–926
- Murphy D.J., 1994. *Designer Oil Crops, Breeding, Processing and Biotechnology*. VCH Press, Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Germany.
- Olivier F.C., Annandale J.G., 1998. Thermal time requirements for the development of green pea. *Field Crops Res.*, 56, 301–307.
- Olivier, F.C. and J.G. Annandale. 1998. Thermal time requirements for the development of green pea (*Pisum sativum* L.). *Field Crop Research*, 56: 301–307.
- Omay A.B., Rice C.W., Maddux L.D., Gordon W.B., 1997. Changes in soil microbial and chemical properties under long-term crop rotation and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61: 1672–1678.
- Omay, A.B., Rice, C.W., Maddux, L.D., Gordon, W.B. 1997. Changes in soil microbial and chemical properties under long-term crop rotation and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 1672–1678.
- Ottman, M.J., Welch, L.F., 1988. Supplemental radiation effects on senescence, plant nutrients, and yield of field-grown corn. *Agron. J.*, 80: 619–626.
- Paustian K., Collins H.P., Paul E.A., 1997. Management controls on soil carbon. In: Paul, E.A., Paustian, K., Elliott, E.A., Cole, C.V. (Eds.), *Soil Organic Matter in Temperate Ecosystems: Long Term Experiments in North America*. CRC Press, Boca Rotan, FL, pp. 15–49.
- Pereyra-Irujo A. Gustavo and L.A.N. Aguirrezábal, 2007. Sunflower yield and oil quality interactions and variability: Analysis through a simple simulation model. *Agr. Forest Meteorol.*, 143: 252–265
- Pereyra-Irujo A. Gustavo, N.G. Izquierdo, M. Covi, S.M. Nolasco, F. Quiroz, and L.A.N. Aguirrezabal, 2009. Variability in sunflower oil quality for biodiesel production: A simulation study. *Biomass Bioen.*, 33: 459–468.
- Pérez Leroux, H.A.J and Long, S.P. 1994. Growth analysis of contrasting cultivars of *Zea mays* L. at different rates of nitrogen supply. *Ann. Bot. (London)* 73: 507–513.
- Peterson T.A., Varvel G.E., 1989. Crop yield as affected by rotation and nitrogen rate. III. Corn. *Agron. J.*, 81: 735–738.
- Phipps R.H. and Weller R.F., 1979. The development of plant components and their effects on the composition of fresh and ensiled forage maize: 1. The



- accumulation of dry matter, chemical composition and nutritive value of fresh maize. *Journal of Agricultural Science*, 92: 471–483.
- Pommel, B., Gallais, A., Coque, M., Quillere, I., Hirel, B., Prioul, J.L., Andrieu, B., Floriot, M., 2006. Carbon and nitrogen allocation and grain filling in three maize hybrids differing in leaf senescence. *Eur. J. Agron.*, 24: 203–211.
- Potter K.N., Tolbert H.A., Jones O.R., Matocha J.E., Morrison J.E., Unger P.W., 1998. Distribution and amount of soil organic C in long-term management system in Texas. *Soil Till. Res.*, 47: 309–321.
- Potter, K.N., Tolbert, H.A., Jones, O.R., Matocha, J.E., Morrison, J.E., Unger, P.W. 1998. Distribution and amount of soil organic C in long-term management system in Texas. *Soil Till. Res.* 47, 309–321.
- Przybylska, J., Zimniak-Przybylska, Z., Krajewski, P. (1998) “ Diversity of seed albumins in the grass pea (*Lathyrus sativus*): an eletrophoretic study” *Genetic Resources and Crop Evolution* 45:423-431
- Rajcan, I., Dwyer, L.M., Tollenaar, M., 1999. Note on relationship between leaf soluble carbohydrate and chlorophyll concentrations in maize during leaf senescence. *Field Crops Res.*, 63: 13–17.
- Rajcan, I., Tollenaar, M., 1999a. Source: sink ratio and leaf senescence in maize. I. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. *Field Crops Res.*, 60: 245–253.
- Rajcan, I., Tollenaar, M., 1999b. Source: sink ratio and leaf senescence in maize. II. Nitrogen metabolism during grain filling. *Field Crops Res.*, 60: 255–265.
- Rawson H. M., Dunstone R. L., 1986. Simple relationships describing the responses of leaf growth to temperature and radiation in sunflower. *Aust. J. Plant Physiol*, 13: 321-327.
- Rawson H.M., Dunstone R.L., Long M.j., Begg J.E., 1984. Canopy development, light interception and seed production in sunflower as influenced by temperature and radiation. *Aust. J. Plant Physiol*, 11: 255-265.
- Rinaldi, M. 2001. Application of ECIP model for irrigation scheduling of sunflower in southern Italy. *Agric. Water Management*, 49: 185-196.
- Ritchie J.T., 1991. Wheat phasic development. In: J.Hanks, J.T. Ritchie, (ed), *Modeling plant and soil systems. Agronomy Monograf* 31, Am. Soc. Agron., Madison, WI, 31-54.
- Robertson J.A., Jr. G. W. Chapman, and Jr. R.L. Wilson, 1978. Relation of days after flowering to chemical composition nad physiological maturity of sunflower seed. *J. Am. Oil Chem., Soc.*, 55: 266-269.
- Rolda' n, A., Salinas-Garci'a J.R., Alguacil M.M., Dı'az E., Caravaca F., 2005. Soil enzyme activities suggest advantages of conservation tillage practices in sorghum cultivation under subtropical conditions. *Geoderma* 129: 178–185.
- Ruffo, ML, Garcia, F.O., Bollero, G.A., Fabrizzi, K., Ruiz, R.A. 2003. Nitrogen balance approach to sunflower fertilization. *Communication in soil science and plant analysis* 34, (7, 18) pp. 2645-2657.
- Ruiz, R.A. and Maddonni, G.A. 2006. Sunflower Seed Weight and Oil Concentration under Different Post-Flowering Source-Sink Ratios. *Crop Science* 46:671-680.
- Sainju U.M., Singh B.P., Whitehead W.F., Wang S., 2006. Carbon supply and storage in tilled and nontilled soils as influenced by cover crops and nitrogen fertilization. *J. Environ. Qual.*, 35: 1507–1517.

- Sainju U.M., Whitehead W.F., Singh B.P., 2003. Agricultural management practices to sustain crop yields and improve soil and environmental qualities. *Sci. World J.*, 3: 768–789.
- Sainju U.M., Whitehead W.F., Singh B.P., 2005. Biculture legume–cereal cover crops for enhanced biomass yield and carbon and nitrogen. *Agron. J.*, 97: 1403–1412.
- Salmeron-Miranda, F., Blh, R., Eckersten, H., Forkman, J., Wivstand, M. 2007. Aboveground nitrogen in relation to estimated total plant uptake in maize and bean. *Nutr. Cycl. Agroecosyst* 79: 125-139.
- Sandeep K., Ranjith U., Stephen A., 2010. Root length density and carbon content of agroforestry and grass buffers under grazed pasture systems in Hapludalf. *Agroforest. Syst.*, 80: 85–96.
- Sharrat B., 1999. Thermal requirements for barley maturation and leaf development in interior Alaska. *Field Crops Res.*, 63, 179-184.
- Sinoquet, H., Bonhomme, R., 1989. Modélisation de l'interception des rayonnements solaires dans une culture en rangs. II. Structure géométrique du couvert et validation du modèle. *Agronomie*, 9: 619–628.
- Six J., Elliot E.T., Paustian K., Doran J.W., 1998. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62: 1367–1377.
- Škorić, D. 1992. Achievements and future directions of sunflower breeding. *Field breeding. Fields Crop Res.*, 30: 425-442.
- Skoulou, V., Mariolis, N., Zanakis, G. & Zabaniotou, A. (2011). Sustainable management of energy crops for integrated biofuels and green energy production in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(4): 1928-1936.
- Smart, C.M., 1994. Gene expression during leaf senescence. *New Phytol.*, 126: 419–448.
- Sobrino, E., A.M. Tarquis, and M.C. Diaz, 2003. Modeling the oleic acid content in sunflower oil. *Agron. J.*, 95: 329-334
- Soil Survey Staff. "Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys", *Agric. Handbook* 466, Washington DC, 754 pp., 1975.
- Soon Y.K., K.N. Harker and G.W. Clayton. 2004. Plant Competition Effects on the Nitrogen Economy of Field Pea and the Subsequent Crop. 2004. *Soil Science Society of America*, 68: 552-557.
- Steduto, P., Hsiao, T.C., Raes, D., Fereres, E., 2009. AquaCrop – the FAO crop model to simulate yield response to water. I. Concepts and underlying principles. *Agron. J.*, 101: 426–437.
- Stock R.A., Lewis J.M., Klopfenstein T.J., Milton C.T., 2000. Review of new information on the use of wet and dry milling byproducts in feedlot diets. In: *Proceedings of American Society of Animal Science*, 1999, p. E20 (online serial).
- Strachan, I.B., Pattey, E., Boisvert, J.B., 2002. Impact of nitrogen and environmental conditions on corn as detected by hyperspectral reflectance. *Remote Sens. Environ.*, 80: 213–224.
- Subedi, K.D., Ma, B.L., 2005a. Ear position, leaf area, and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. *Crop Sci.*, 45: 2246–2257.

- Subedi, K.D., Ma, B.L., 2005b. Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy maize hybrids. *Crop Sci.*, 45: 740–747.
- Tanaka, A., Yamaguchi, J., 1972. Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. *J. Fac. Agric. Hokkaido Univ.*, 57: 71–132.
- Thompson, R. and Taylor, H. (1982) “Prospects of *Vicia faba* L. in Northern Europe” *Outlook Agriculture* 11:127-133
- Tollenaar, M., 1999. Duration of the grain-filling period in maize is not affected by photoperiod and incident PPFD during the vegetative phase. *Field Crops Res.*, 62: 15–21.
- Tollenaar, M., Daynard, T.B., 1978. Leaf senescence in short-season maize hybrids. *Can. J. Plant Sci.*, 58: 869–874.
- Tollenaar, M., Lee, E.A., 2006. Dissection of physiological processes underlying grain yield in maize by examining genetic improvement and heterosis. *Maydica*, 51: 399–408.
- Tresder K.K., Morris S.J., Allen M.F., 2005. The contribution of root exudates, symbionts, and detritus to carbon sequestration in the soil. In: Zobel R.W., Wright S.F. (Eds.), *Roots and Soil Management: Interactions between Roots and the Soil*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 145–162.
- Turco R.F., Bischoff M., Breakwell D.P., Griffith D.R., 1990. Contribution of soilborne bacteria to the rotation effect in corn. *Plant Soil*, 122: 115–120.
- Uppendra M.S., Wayne F.W., Bharat P.S., 2005. Biculture legume–cereal cover crops for enhanced biomass yield and carbon and nitrogen. *Agron. J.*, 97: 1403–1412.
- Valentinuz, O.R., Tollenaar, M., 2004. Vertical profile of leaf senescence during the grain-filling period in older and newer maize hybrids. *Crop Sci.*, 44: 827–834.
- Varvel G.E., Peterson T.A., 1990. Residual soil nitrogen as affected by continuous, two-year, and four-year crop rotation systems. *Agron. J.*, 82: 958–962.
- Viřna, A., Gitelson, A.A., Rundquist, D.C., Keydan, G., Leavitt, B., Schepers, J., 2004. Remote sensing – monitoring maize (*Zea mays* L) phenology with remote sensing. *Agron. J.*, 96: 1139–1147.
- Villalobos F.J., Ritchie J.T., 1992. The effect of temperature on leaf emergence rates of sunflower genotypes. *Field Crops Res.*, 29: 37-46.
- Villalobos, A.J., Hall, J.T., Ritcie and F. Orgos. 1996. Seasonal impact on growth, development and yield model of sunflower crop. *Agron. J.*, 88: 403-415.
- Volume 57, Issue 1, 2012, Pages 75-82
- Vyn T.J., Raimbult B.A., 1993. Long-term effect of five tillage systems on corn response and soil structure. *Agron. J.*, 85: 1074–1079.
- West T.D., Griffith D.R., Steinhardt G.C., Kladviko E.J., Parsons S.D., 1996. Effect of tillage and rotation on agronomic performance of corn and soybean: Twenty-year study on dark silty clay loam soil. *J. Prod. Agric.*, 9: 241–248.
- Wilhelm W.W., Wortmann C.S., 2004. Tillage and rotation interactions for corn and soybean grain yield as affected by precipitation and air temperature. *Agron. J.*, 96: 425–432.
- Yan, H.F., Shang, A.X., Peng, Y.F., Yu, P., Li, C.J., 2011. Covering middle leaves and ears reveals differential regulatory roles of vegetative and reproductive organs in root growth and nitrogen uptake in maize. *Crop Sci.*, 51: 265–272.
- Yemane, A. and A.O. Skjelvag. 2003. Effects of Fertilizer Phosphorus on Yield Traits of Dekoko (*Pisum sativum* var. *abyssinicum*) Under Field Conditions. *J. Agronomy & Crop Science*, 189: 14-20.

- Zhang, F., Mackenzie, A.F., Smith, D.L. 1993. Corn yield and shifts among corn quality constituents following application of different nitrogen fertilizer sources at several times during corn development. J. Plant Nutr. 16: 1317-1337.
- Zuibillaga, M.M., Aristi J.P., Lavado, R.S. 2002. Effect of phosphorus and nitrogen fertilization on sunflower (*Helianthus annuus* L.) nitrogen uptake and yield. J. Agronomy & Crop Science 188: 267-274.

### **Ελληνική**

- Ανώνυμος, 2010. Διαθέσιμο στο <http://www.minagric.gr>. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.
- Αυγουλάς, Χρ., Κ. Ποδηματάς, Π. Παπαστυλιανού, 2001. Φυτά Μεγάλης Καλλιέργειας. Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, σ. 342-350, 486.
- Δαναλάτος, Ν., Αρχοντούλης, Σ. 2008. Οδηγός καλλιεργητικών φροντίδων αγριαγκινάρας, ηλίανθου, σόργου. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Σχολή Γεωπονικών Επιστημών – Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος. Εργαστήριο Γεωργίας και Εφαρμοσμένης φυσιολογίας Φυτών.
- Ξανθόπουλος, Φ.Π., 1993. Ο Ηλίανθος. Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας. Ινστιτούτο Βάμβακος και Βιομηχανικών Φυτών.

## **ABSTRACT**

For the purpose of the study two experimental fields were conducted at two different areas with 0.1 hectare size each. The first experimental field is located in region of Trikala and the second one in the region of Larissa and their soils are characterized as Entisol and Vertisol, respectively.

In each experimental field were established two different crops (sunflower and maize). The experimental design was a 2 factor split-plot in three blocks. The first factor concerns the cultivation of *Pisum sativum* in the winter period in 3 treatments; a) control, b) harvested and c) incorporated in the soil. The second factor was N fertilization under 4 levels (0, 80, 160, 240 kg/ha for maize, and 0, 50, 100, 150 kg/ha for sunflower). All fertilization plots were maintained at the same spots.

The results showed that sunflower achieved considerable seed yield and total biomass with only low nitrogen fertilization under the system of crop rotation in the region of Trikala. On the other hand in the Larissa region (10 nitrogen units satisfactory for production potential), the crop system of rotation has higher advantages with respect to organic carbon and enzymatic activities.

In the case of maize were achieved higher yields in Larissa (clay soil) than those in Trikala, probably due to better water use efficiency of the crop.

**Keywords:** pea cultivation, crop rotation, energy crops, levels of nitrogen